



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY MODELU PODLE
PŘEDLOHY PRO MALOSÉRIOVOU VÝROBU**

PROPOSAL OF PRODUCTION TECHNOLOGY FOR A DRAFT MODEL FOR SMALL BATCH PRODUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Hudyma

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Josef Chladil, CSc.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Tomáš Hudyma**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **doc. Ing. Josef Chladil, CSc.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh technologie výroby modelu podle předlohy pro malosériovou výrobu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukce sestavy modelu, výkresová dokumentace, návrh výrobní technologie dílů a montážní sestavy, výpočet nákladů, zhodnocení a závěr.

Cíle bakalářské práce:

Technologie výroby modelu podle předlohy pro malosériovou výrobu.

Seznam literatury:

FOREJT, M., PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

PÍŠKA, M. et al. Speciální technologie obrábění. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009, 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

SANDVIK COROMANT ; [PŘELOŽIL MIROSLAV KUDELA]. Příručka obrábění: kniha pro praktiky. 1. české vyd. Praha: Scientia, c1997, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 91-972299-4-6.

ZEMČÍK, O. Technologická příprava výroby. Brno: CERM, 2002, 158 s. ISBN 80-214-2219-x.

SHAW, M. C. Metal Cutting Principles, 2nd. edition, New York Oxford University Press, 2005, 651 p., ISBN 0-19-514206-3.

MELUZÍN, T., MELUZÍN, V. Základy ekonomiky podniku. Vyd. 2., přeprac. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 119 s. ISBN 978-80-214-3472-1.

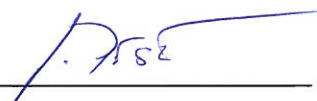
AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ, s.r.o. Příručka obrábění-kniha pro praktiky. Přel. KUDELA, M. Praha: Scientia, s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting – A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.

HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd., Praha: MM publishing, s.r.o., 2008, 235 s., ISBN 978-80-254-2250-2.

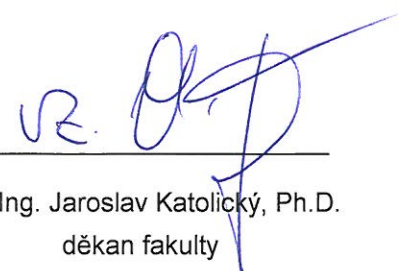
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 9. 11. 2016





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem technologie výroby hračky dle předlohy modelu pro malosériovou výrobu. Vzhledem ke kritériu malosériové výroby bude výroba realizována na univerzálních obráběcích strojích. V rámci této bakalářské práce bude zhotovena výkresová dokumentace, vytvořeny technologické postupy výroby a vytvořen montážní postup. Na závěr bude provedeno technicko-ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova

soustružení, frézování, vrtání, malosériová výroba, technologie výroby

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the design of toy technology according to the model for small batch production. Due to the small batch production criterion, production will be realized on universal machines. In addition, documentation, technological production procedures and assembly procedure will be made. Finally, technical-economic evaluation will be carried out.

Key words

turning, milling, drilling, small batch production, production technology

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HUDYMA, T. *Návrh technologie výroby modelu podle předlohy pro malosériovou výrobu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 49 s. 17 přílohy. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Josef Chladil, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh technologie výroby modelu podle předlohy pro malosériovou výrobu** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Tomáš Hudyma

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto především panu doc. Ing. Josefu Chladilovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Také děkuji své rodině za trpělivost a podporu po celou dobu mého studia.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD	9
1 POPIS MODELU	10
1.1 Základní deska	10
1.2 Kotel	11
1.3 Kabina	11
1.4 Vodní nádrž	12
1.5 Komín	12
1.6 Kolo	13
1.7 Střecha	13
1.8 Kryt kotle	14
1.9 Normované šrouby	14
2 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE	16
2.1 Tvorba 3D objektu	16
2.2 Materiál	16
2.3 Polotovar	17
2.4 Tvorba výkresové dokumentace.....	19
3 HLEDISKO TYPU VÝROBY	21
3.1 Volba strojního zařízení.....	21
3.1.1 Gravitační pásová pila: 150 x 200 GH-R.....	21
3.1.2 Univerzální frézka: TOS FU 2 A.....	22
3.1.3 Univerzální hrotový soustruh: SN 32.....	23
3.1.4 Vrtačka průmyslová: BZ - 25B/400 závitořez	24
3.1.5 Ohýbačka: UBM 1070	25
3.1.6 Kompresor: LW-2.....	26
3.2 Volba nástrojů	26
3.3 Volba pomůcek.....	29
4 TECHNOLOGIE VÝROBY	31
4.1 Základní deska	32
4.2 Kotel	33
4.3 Kabina	35
4.4 Vodní nádrž	36

4.5 Komín	37
4.6 Kolo	38
4.7 Střecha	39
4.8 Kryt kotle	40
4.9 Lokomotiva	40
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	41
5.1 Využití materiálu	41
5.2 Ekonomické zhodnocení	45
5.2.1 Cena materiálu	46
5.2.2 Spotřeba a cena el. energie	46
5.2.1 Spotřeba a cena nástrojů	47
6 DISKUZE	48
ZÁVĚR	49
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	50
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	52
SEZNAM PŘÍLOH	54

ÚVOD

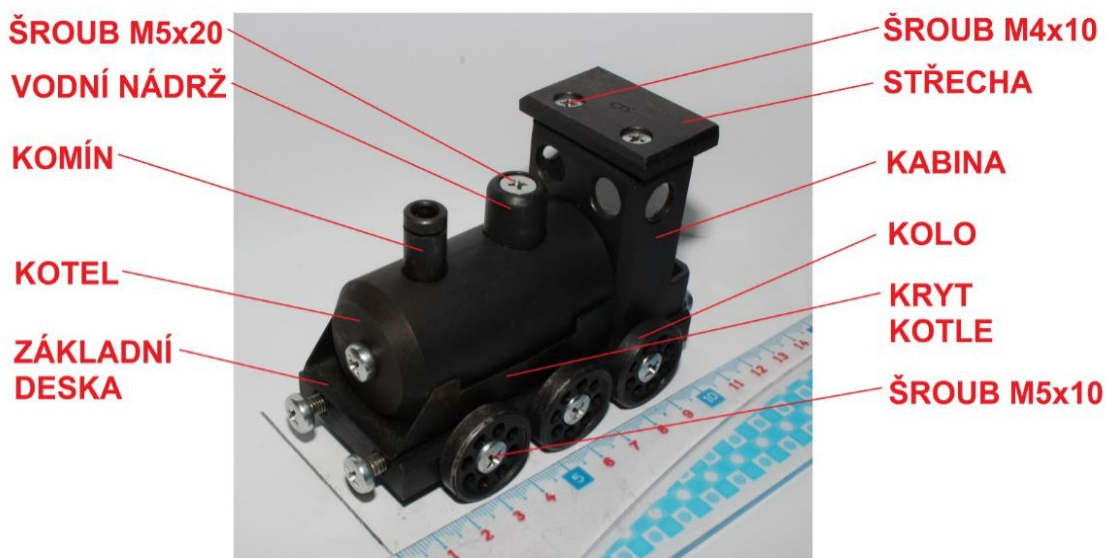
Výroba hraček a modelů má ve společnosti velmi dlouhou tradici, tento fakt podkládá to, že mnohé z nich byly nalezeny při vykopávkách a následně uloženy v muzeích, kde si je i nyní můžeme prohlédnout. Je známo, že již staří Egypťané vyráběli pro své děti hračky a modely. Během průběhu staletí rostl počet obyvatel a s ním i potřeba trhu, proto nastala nutnost vyrábět hračky ve větším počtu. První malosériové výroby vznikaly v šestnáctém století na území Německa a specializovaly se převážně na výrobu dřevěných hraček. Okolo roku 1730 se v Norimberku začínají sériově vyrábět cínoví vojáčky. V současné době zaujímá výroba hraček jedno z hlavních ekonomických odvětví, ačkoliv ne tak často jsou hračky vyráběny pomocí technologie třískového obrábění [22].

Cílem této bakalářské práce je:

- Popis existujícího modelu.
- Zpracování výkresové dokumentace pro existující model.
- Volba strojního zařízení.
- Volba nástrojů.
- Vypracování výrobních postupů jednotlivých součástí pro kritérium malosériové výroby.
- Volba optimálních řezných podmínek pro strojně obráběné operace.
- Výpočet strojních časů pro jednotlivé operace.
- Výpočet využití materiálu.
- Ekonomické zhodnocení návrhu.

1 POPIS MODELU

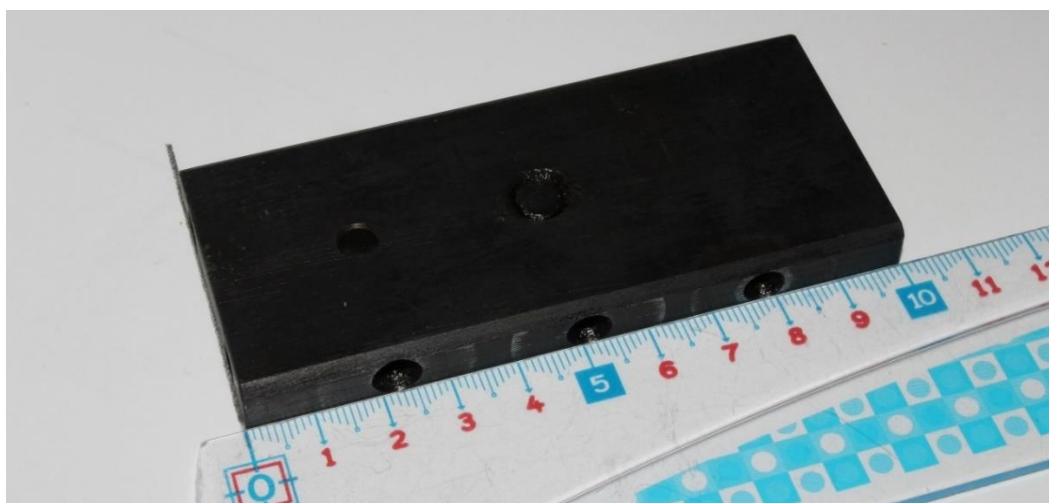
Vyráběný model má funkci hračky ve tvaru Lokomotivy. Model sestává z několika obráběných součástí a nakupovaných šroubů. Šrouby drží celý model pohromadě (viz obr. 1.1). Sestava je složena z těchto součástí: Základní deska, Kotel, Kabina, Vodní nádrž, Komín, Kolo, Střecha, Kryt kotle a normované šrouby.



Obr. 1.1 Fotografie modelu Lokomotivy s popisem.

1.1 Základní deska

Součást je tvaru kvádrů o rozměrech 10 x 45 x 100 mm. Nachází se na ní 12 děr. Po stranách součásti se nachází 10 děr se závitem M5 s hloubkou 10 mm. Z hora součásti se nachází 2 průchozí díry pro šrouby se zapuštěnou hlavou. Při výrobě modelu došlo k výrobní vadě a jedna díra pro šroub se zapuštěnou hlavou byla mimo osu, výrobce se rozhodl tuto vadu opravit rozklepáním šroubu, ale v této bakalářské práci nebude s touto vadou uvažováno. Součást je zhotovena z oceli. Povrch součásti je ošetřen alkalickým černěním. Fotografie součásti (viz obr. 1.2).



Obr. 1.2 Fotografie Základní desky.

1.2 Kotel

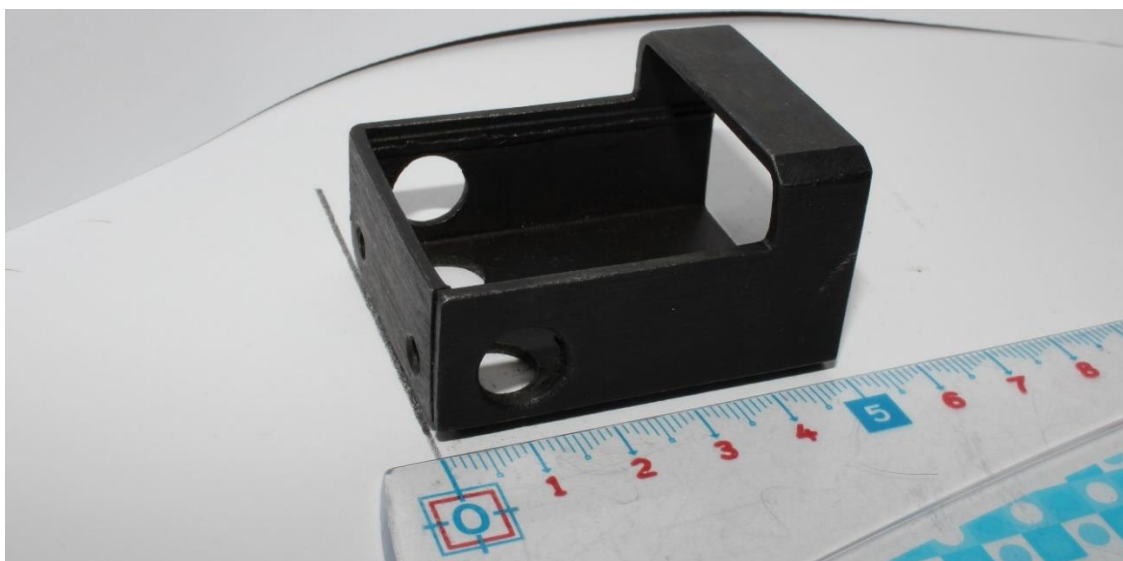
Součást je rotačního tvaru s ofrézovanou plochou ze spodní strany součásti. Součást má $\varnothing 35$ mm a délku 65 mm. Ofrézovaná plocha se nachází ve vzdálenosti 15 mm od osy procházející středem součásti a je široká přibližně 18 mm. Na součásti se nachází 5 děr se závity M5 a jedna díra se závitem M10. Na součásti se také nachází zhloubení o $\varnothing 15$ mm a hloubce 2 mm. Je zhotovena z materiálu ocel. Povrch součásti je ošetřen alkalickým černěním. Fotografie součásti je na obrázku (viz obr. 1.3).



Obr. 1.3 Fotografie Kotle.

1.3 Kabina

Půdorys součásti je obdélníkového tvaru 40 x 30 mm se zkosením hran 2 x 45°. Tloušťka stěny součásti je 2 mm. Délka součásti v nerozvinutém stavu je 50 mm. Na součásti se nachází 7 děr. Dvě díry se závitem M4, čtyři díry $\varnothing 10$ mm bez závitu a jedna díra $\varnothing 5,3$ mm bez závitu. Součást je zhotovena z materiálu ocel. Povrch součásti je ošetřen alkalickým černěním. Fotografie součásti je na obrázku (viz obr. 1.4).



Obr. 1.4 Fotografie Kabiny.

1.4 Vodní nádrž

Součást je rotačního tvaru o \varnothing 15 mm a délce 15 mm. V ose součásti se nachází průchozí otvor \varnothing 5 mm se sražením hrany pro šroub se zapuštěnou hlavou. Na součásti se nachází rádius R2. Součást je zhotovena z materiálu ocel. Povrch součásti je ošetřen alkalickým černěním. Fotografie součásti je na obrázku (viz obr. 1.5).



Obr. 1.5 Fotografie Vodní nádrže.

1.5 Komín

Součást je rotačního tvaru o \varnothing 10 mm a délce 26 mm. Na součásti se nachází závit M10 v délce 10 mm. V ose součásti se nachází díra \varnothing 6 mm s hloubkou 10 mm. V délce 23 mm od spodní strany součásti se nachází zápich 1 mm s hloubkou 1 mm. Součást je zhotovena z materiálu ocel. Povrch součásti je ošetřen alkalickým černěním. Fotografie součásti je na obrázku (viz obr. 1.6).



Obr. 1.6 Fotografie Komínu.

1.6 Kolo

Součást je rotačního tvaru o \varnothing 25 mm a délce 6 mm. Na součásti se nachází devět průchozích otvorů. Osm průchozích otvorů o \varnothing 4 mm a jeden průchozí otvor v ose součásti o \varnothing 5,5 mm. Na součásti se nachází dvě zhloubení, první o \varnothing 10 mm s hloubkou 5 mm a druhé zhloubení o \varnothing 20 mm s hloubkou 1 mm. Součást je zhotovena z materiálu ocel. Povrch součásti je ošetřen alkalickým černěním. Fotografie součásti je na obrázku (viz obr. 1.7).



Obr. 1.7 Fotografie Kola.

1.7 Střecha

Součást je tvaru kvádru o rozměrech 6 x 30 x 45 mm. Na horní hraně součásti se nachází sražení hran 2 x 45°. Na součásti se nachází dvě díry, \varnothing 4 mm, se sražením hrany pro šroub se zapuštěnou hlavou. Součást je zhotovena z materiálu ocel. Povrch součásti je ošetřen alkalickým černěním. Fotografie součásti je na obrázku (viz obr. 1.8).



Obr. 1.8 Fotografie Střechy.

1.8 Kryt kotle

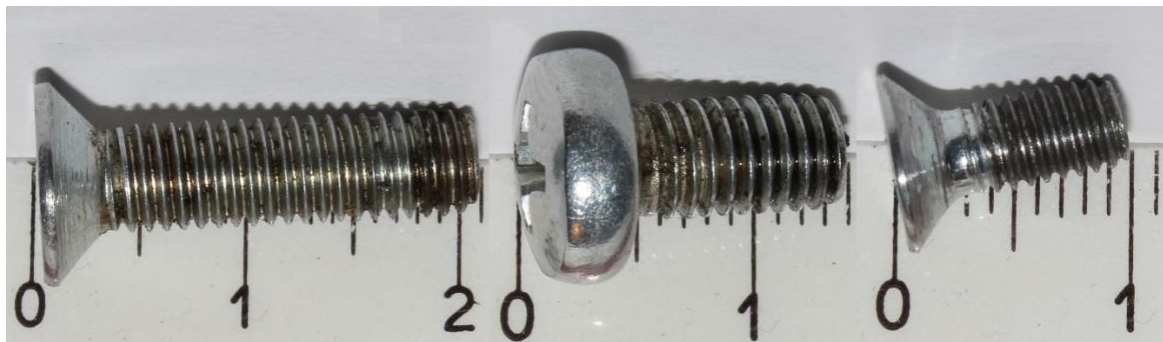
Součást je vyrobena z plechu o tloušťce 1 mm a vnějšími rozměry 68 x 70 mm. Na součásti se nachází dvě průchozí díry o \varnothing 5,5 mm. Součást je zhotovena z materiálu ocel. Povrch součásti je ošetřen alkalickým černěním. Fotografie součásti je na obrázku (viz obr. 1.9).



Obr. 1.9 Fotografie Krytu kotle.

1.9 Normované šrouby

Na sestavě Lokomotivy se vyskytují tři typy šroubů (viz obr. 1.10). Dle podobnosti se šrouby vyskytujícími se na sestavě budou dle [1] zvoleny normované šrouby.



Obr. 1.10 Fotografie šroubů.

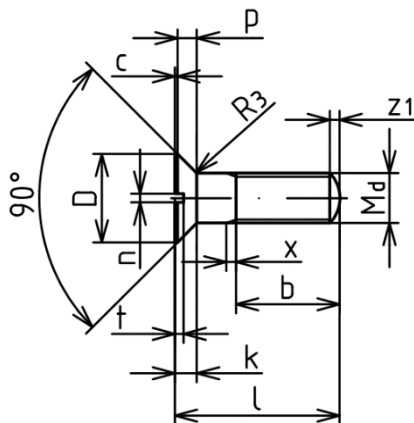
Zápustné šrouby

Dle podobnosti se šrouby vyskytujícími se na modelu byly zvoleny zápustné šrouby M4 x 10 ČSN 02 1151.18 a M5 x 20 ČSN 02 1151.18. Schéma zápustných šroubů (viz obr. 1.11). Doplnkové číslice 1 a 8 udávají materiál šroubů a povrchovou úpravu šroubů. Tudíž se jedná o šrouby z materiálu ČSN 11 500, což udává doplnková číslice 1. Šrouby mají povrchovou úpravu chromování, což udává doplnková číslice 8. Rozměry šroubů jsou uvedeny v tabulce (viz tab. 1.1). Výběh vnějšího závitu x viz norma ČSN 02 1033. Ukončení šroubů s metrickým závitem z₁ viz norma ČSN 02 1031 [1,10].

Tab. 1.1 Tabulka rozměrů zápustných šroubů M4 a M5, rozměry v mm [1].

Md	b	c	D	k	n	p	R ₃	t	l ¹⁾	Rozsah l
M4	14	0,45	7,5	2,2	1	1,75	0,3	1,5	20	5 až 40
M5	16	0,5	9	2,5	1,2	2	0,3	2,8	22	6 až 70

¹⁾ Šrouby do těchto délek mají závit až k hlavě.



Obr. 1.11 Schéma šroubu ČSN 02 1151 [1].

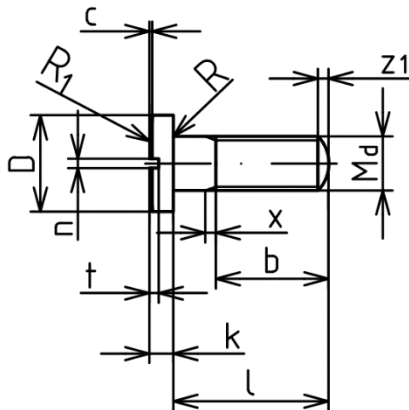
Šroub s válcovou hlavou čočkovitou M5x10 ČSN 02 1135.28

Dle podobnosti se šrouby vyskytujícími se na modelu byl zvolen šroub s válcovou hlavou čočkovitou M5 x 10 ČSN 02 1135.28. Schéma šroubu s válcovou hlavou čočkovitou (viz obr. 1.12). Doplnkové číslice 2 a 8 udávají materiál šroubu a povrchovou úpravu šroubu. Tudiž se jedná o šrouby z materiálu ČSN 11 320, což udává doplňková číslice 2. Šrouby mají povrchovou úpravu chromování, což udává doplňková číslice 8. Rozměry šroubů jsou uvedeny v tabulce (viz tab. 1.2). Výběh vnějšího závitu x viz norma ČSN 02 1033. Ukončení šroubů s metrickým závitem z₁ viz norma ČSN 02 1031 [1,10].

Tab. 1.2 Tabulka rozměrů Šroubů s válcovou hlavou M5, rozměry v mm [1].

Md	b	c	D	k	n	R ₁	R	t	l ¹⁾	Rozsah l
M5	16	0,6	8,5	3,5	1,2	9	0,2	1,7	18	5 až 55

¹⁾ Šrouby do těchto délek mají závit až k hlavě.



Obr. 1.12 Schéma šroubu ČSN 02 1151[1].

2 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Pro technologický návrh výroby součásti je v první řadě nutná tvorba výkresové dokumentace. Podle způsobu zhotovení a podle určení se používají ve strojírenství různé druhy výkresů (výkres součásti, výkres sestavy atd.). Tvorbě výkresové dokumentace předchází tvorba 3D objektu, volba materiálu, volba vhodného polotovaru a přiřazení geometrických tolerancí [19].

2.1 Tvorba 3D objektu

Výkresovou dokumentaci předchází tvorba 3D objektu. 3D objekt byl vytvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2017. Nejprve byly vytvořeny jednotlivé součásti sestavy, za pomoci prvků rotace, vysunutí, díry a závitů. Následně byl spojením všech součástí vytvořen 3D objekt lokomotivy (viz obr. 2.1). Použití 3D objektu má nesporné časové výhody, například při výpočtu hmotnosti stačí zvolit, z nabízených možností materiálů, vhodný materiál a program vypočítá hmotnost součásti a následně i celé sestavy. Také při tvorbě výkresové dokumentace je potřeba pouze vybrat vhodné pohledy na součást, pomocí prvku Poznámky přidat osy a vhodně zakótovat.



Obr. 2.1 3D objekt Lokomotivy vytvořený v programu Autodesk Inventor Professional 2017.

2.2 Materiál

Pro výrobu součástí byla, jako materiál, zvolena ocel ČSN 11 110.0. Jedná se o tzv. Automatovou ocel. Tato ocel je obzvláště vhodná k obrábění, ale je naprosto nevhodná pro svařování jakýmkoliv způsobem, což v tomto případě vůbec nevadí, jelikož na modelu lokomotivy se žádné svařované spoje nenachází. Tato ocel se nachází ve stavu tepelně nezpracovaném, což značíme doplňkovou číslicí 0.

Oproti ocelím třídy 11 má poněkud horší mechanické vlastnosti (viz tab. 2.1), ale na modelu se nenachází žádné namáhané součásti, proto je tato ocel zcela dostačující. Chemické složení oceli 11 110 (viz tab. 2.2) [1, 5].

Tab. 2.1 Tabulka mechanických vlastností oceli ČSN 11 110 [1].

Označení podle ČSN	R_e [MPa]	R_m [MPa]	σ_{Dt} [MPa] statické	σ_{Dt} [MPa] míjivé	σ_{Dt} [MPa] střídavé
11 110	230 až 420	375 až 785	110 až 150	80 až 100	50 až 70

Tab. 2.2 Chemické složení oceli ČSN 11110 [12].

obsah C [%]	obsah Mn [%]	obsah Si [%]	obsah P [%]	obsah S [%]
0,07 až 0,16	0,60 až 1,10	max. 0,40	max. 0,100	0,15 až 0,25

2.3 Polotovar

Z ekonomického hlediska je volba vhodného polotovaru jednou z nejdůležitějších operací, proto je nutné tuto kapitolu řádně rozebrat. Polotovar bude pro každou součást zvolen individuálně s ohledem na přesnost výroby a na výrobní technologii.

Základní deska

Pro výrobu součásti byla, jako polotovar, zvolena tabule plechu válcovaná za tepla, EN 10029-A-N, tloušťka $t = 12$ mm. Tato tabule plechu není tepelně zpracována. Tabule plechu z materiálu 11 110.0 budou dodávány společností Feron, a.s. Tabule budou dodavatelem řezány na pásy o rozměrech 50 x 2000 mm. Pásy plechu se budou na požadovanou délku dělit na pásové pile [1,14].

Vzhledem k předpisu tolerance drsnosti $Ra\ 6,3\ \mu m$ byl zvolen polotovar větší než rozměry součásti, aby byla možnost jej na požadovanou drsnost obrobit. Rozměry polotovaru budou navýšeny o přídavek na obrábění a také o přídavek na dělení materiálu. Přídavek na obrábění byl dle [1] zvolen 2 mm pro rozměr 100 mm, 2 mm pro rozměr 10 mm a 5 mm pro rozměr 45 mm. Z toho vyplývá, že polotovar pro tuto součást je 12 x 50 – 102 EN 10029-A-N. Přídavek na dělení materiálu byl dle [1] zvolen 3 mm.

Kotel

Pro výrobu součásti byla, jako polotovar, zvolena tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, ČSN 42 5510.11, normální přesnost, průměr $D = 40$ mm. Tato tyč není tepelně zpracována. Tyče z materiálu 11 110.0 budou dodávány společností Feron, a.s. v délce $Z = 2000$ mm. Tyče se budou na požadovanou délku dělit na pásové pile [1,14].

Vzhledem k předpisu tolerance drsnosti $Ra\ 3.2\ \mu m$ na největším průměru, byl zvolen průměr polotovaru větší než průměr součásti, aby byla možnost jej na požadovanou drsnost obrobit. Délka polotovaru bude navýšena o přídavek na obrábění čela dle [1], tento přídavek je 3 mm. Z toho vyplývá, že polotovar pro tuto součást je $\varnothing\ 40 - 71$ ČSN 42 5510.11. Přídavek na dělení materiálu byl dle [1] zvolen na 3 mm.

Kabina

Pro výrobu součásti byl, jako polotovar, zvolen jáckel s obdélníkovým průřezem, EN 10219, rozměr 40 x 30 x 2 mm. Tento polotovar není tepelně zpracován.

Jäckely z materiálu 11 110.0 budou dodávány společností Feron, a.s. v délce $Z = 2000$ mm. Jäckely se budou na požadovanou délku dělit na pásové pile [1,14].

Rozměr 2 mm nebude obráběn. Ostatní rozměry budou vzhledem k předpisu tolerance drsnosti $Ra\ 12,5\ \mu\text{m}$ navýšeny o přídávky na obrábění, aby je bylo možné na požadovanou drsnost obrobit. Délka polotovaru bude navýšena o přídavek na obrábění, tento přídavek na obrábění byl dle [1] zvolen na 1 mm z každé strany součásti. Z toho vyplývá, že polotovar pro tuto součást je $40 \times 30 \times 2 - 72$ EN 10219. Přídavek na dělení materiálu byl dle [1] zvolen na 3 mm.

Vodní nádrž

Pro výrobu součásti byla, jako polotovar, zvolena tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, ČSN 42 5510.11, průměr $D = 16$ mm. Tato tyč není tepelně zpracována. Tyče z materiálu 11 110.0 budou dodávány společností Feron, a.s. Tyče budou dodávány v délce $Z = 1000$ mm. Tyče budou na požadovanou délku upichovány na soustruhu [1,14].

Vzhledem k předpisu tolerance drsnosti $Ra\ 3.2\ \mu\text{m}$ na největším průměru, byl zvolen průměr polotovaru větší než průměr součásti, aby jej bylo možné na požadovanou drsnost obrobit. Délka polotovaru bude navýšena o přídavek na obrábění čela a přídavek na dělení materiálu. Přídavek na obrobení čela byl dle [1] zvolen na 2 mm a přídavek na dělení materiálu zvolen dle [1] na 3 mm. Z toho vyplývá, že polotovar pro tuto součást je $\varnothing 16 - 19$ ČSN 42 5510.11.

Komín

Pro výrobu součásti byla, jako polotovar, zvolena tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, ČSN 42 5510.11, průměr $D = 12$ mm. Tato tyč není tepelně zpracována. Tyče z materiálu 11 110.0 budou dodávány společností Feron, a.s. Tyče budou dodávány v délce $Z = 1000$ mm. Tyče budou na požadovanou délku upichovány na soustruhu [1,14].

Vzhledem k předpisu tolerance drsnosti $Ra\ 3.2\ \mu\text{m}$ na největším průměru, byl zvolen průměr polotovaru větší než průměr součásti, aby jej bylo možné na požadovanou drsnost obrobit. Délka polotovaru bude navýšena o přídavek na obrábění čela a přídavek na dělení materiálu. Přídavek na obrobení čela byl dle [1] zvolen na 2 mm a přídavek na dělení materiálu zvolen dle [1] na 3 mm. Z toho vyplývá, že polotovar pro tuto součást je $\varnothing 12 - 30$ ČSN 42 5510.11.

Kolo

Pro výrobu součásti byla, jako polotovar, zvolena tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, ČSN 42 5510.11, průměr $D = 26$ mm. Tato tyč není tepelně zpracována. Tyče z materiálu 11 110.0, budou dodávány společností Feron, a.s. Tyče budou dodávány v délce $Z = 1000$ mm. Tyče budou na požadovanou délku upichovány na soustruhu [1,14].

Z důvodu předpisu tolerance drsnosti $Ra\ 6,3\ \mu\text{m}$ na největším průměru, byl zvolen průměr polotovaru větší než průměr součásti, aby jej bylo možné na požadovanou drsnost obrobit. Délka polotovaru bude navýšena o přídavek na obrábění čela a přídavek na dělení materiálu. Přídavek na obrobení čela byl dle [1] zvolen na 3 mm a přídavek na dělení materiálu zvolen dle [1] na 3 mm. Z toho vyplývá, že polotovar pro tuto součást je $\varnothing 26 - 12$ ČSN 42 5510.11.

Střecha

Pro výrobu součásti byla, jako polotovár, zvolena tabule plechu válcovaná za tepla, EN 10029-A-N, tloušťka $t = 8 \text{ mm}$. Tato tabule plechu není tepelně zpracována. Tabule plechu z materiálu 11 110.0 budou dodávány společností Ferona, a.s. Tabule budou dodavatelem nařezány na pásy o rozměrech $50 \times 2000 \text{ mm}$. Pásy plechu se budou na požadovanou délku dělit na pásové pile [1,14].

Vzhledem k předpisu tolerance drsnosti $Ra 6,3 \text{ }\mu\text{m}$ byl zvolen polotovár větší než rozměry součásti, aby jej bylo možné na požadovanou drsnost obrobit. Rozměry polotovaru budou navýšeny o přídavek na obrábění a také o přídavek na dělení materiálu. Přídavek na obrábění byl dle [1] zvolen 2 mm pro rozměr 30 mm , 2 mm pro rozměr 6 mm a 5 mm pro rozměr 45 mm . Z toho vyplývá, že polotovár pro tuto součást je $8 \times 50 - 32 \text{ EN 10029-A-N}$. Přídavek na dělení materiálu byl dle [1] zvolen 3 mm .

Kryt kotle

Pro výrobu součásti byla, jako polotovár zvolena tabule plechu válcovaná za studena, EN 10131, tloušťka $t = 1 \text{ mm}$. Tato tabule se nachází ve stavu tepelně nezpracovaném. Tabule plechu z materiálu 11 110.0 budou dodávány společností Ferona a.s. Tabule budou dodávány v rozměrech $1000 \times 2000 \text{ mm}$. Dále budou tyto tabule posílány do kooperace na laserové vyřezávání. Jelikož laserové vyřezávání je přesná metoda, bude polotovár zvolen na přesné rozměry součásti $1 \times 68 \times 70 \text{ EN 10131}$.

2.4 Tvorba výkresové dokumentace

Dle 3D objektu, volby polotovaru a volby materiálu byla individuálně pro každou součást vytvořena výkresová dokumentace.

Základní deska

Vzhledem k tvaru a množství děr je potřeba tuto součást zakótovat ve 3 pohledech. Pro tuto součást bylo zvoleno měřítko 1:1. Na součásti se nachází díry se závity, ty je nutné zakótovat v místních řezech. Součást je symetrická, což značně usnadňuje kótování součásti. Aby byla zajištěna správná funkce hračky a kola správně přiléhaly k ploše, po které se budou pohybovat, je nutné zajistit kolmost, proto zde byla předepsána geometrická tolerance kolmosti. U součásti je předpokládána výroba frézováním, tudíž je předepsána drsnost povrchu $Ra 6,3 \text{ }\mu\text{m}$. Součást je zobrazena na výkrese součásti (viz příloha 2).

Kotel

Vzhledem k tvaru a složitosti součásti je potřeba tuto součást zakótovat jedním pohledem a řezem. Pro tuto součást bylo pro přehlednost zvoleno měřítko 2:1. Na součást bude přimontována součást Vodní nádrž, proto je nutné předepsat uložení s vůlí z toho vyplývá rozměr 15H11. Aby bylo zajištěno správné dosednutí na součást Základní deska, bylo nutné předepsat geometrické tolerance přímosti a kolmosti. U součásti je předpokládána výroba soustružením, tudíž je předepsána drsnost povrchu $Ra 3,2 \text{ }\mu\text{m}$. Součást je zobrazena na výkrese součásti (viz příloha 3).

Kabina

Vzhledem k tvaru a složitosti součásti je potřeba tuto součást zobrazit ve 3 pohledech v ohnutém stavu, ale aby bylo možné tuto součást úplně zakótovat, je

nutné ji zobrazit v dalších dvou pohledech v rozvinutém stavu. Pro tuto součást bylo zvoleno měřítko 1:1. Aby bylo zajištěno správné dosednutí na součást Základní deska, bylo nutné předepsat geometrickou toleranci kolmosti. U součásti je předpokládána výroba frézováním, tudíž je předepsána drsnost povrchu Ra 12,5 µm. Součást je zobrazena na výkrese součásti (viz příloha 4).

Vodní nádrž

Vzhledem k tvaru a složitosti součásti je potřeba tuto součást zakótovat jedním pohledem a řezem. Pro tuto součást bylo pro přehlednost zvoleno měřítko 2:1. Jelikož bude součást přimontována na součásti Kotel, bylo předepsáno uložení z vůlí, z toho vyplývá rozměr 15d11. Jedná se o jednoduchou součást, u které není nutné předepisovat geometrickou toleranci. U součásti je předpokládána výroba soustružením, tudíž je předepsána drsnost povrchu Ra 3,2 µm. Součást je zobrazena na výkrese součásti (viz příloha 5).

Komín

Vzhledem k tvaru a složitosti součásti je potřeba tuto součást zakótovat jedním pohledem a místním řezem. Pro tuto součást bylo pro přehlednost zvoleno měřítko 3:1. Jedná se o jednoduchou součást, u které není nutné předepisovat geometrickou toleranci. U součásti je předpokládána výroba soustružením, tudíž je předepsána drsnost povrchu Ra 3,2 µm. Součást je zobrazena na výkrese součásti (viz příloha 6).

Kolo

Vzhledem k tvaru a složitosti součásti je potřeba tuto součást zakótovat jedním pohledem a řezem. Pro tuto součást bylo pro přehlednost zvoleno měřítko 2:1. Aby byla zajištěna funkčnost součásti, je vhodné předepsání geometrické tolerance kolmosti. U součásti je předpokládána výroba soustružením, tudíž je předepsána drsnost povrchu Ra 6,3 µm. Součást je zobrazena na výkrese součásti (viz příloha 7).

Střecha

Vzhledem k tvaru a množství děr je potřeba tuto součást zakótovat ve 3 pohledech. Pro tuto součást bylo zvoleno měřítko 1:1. Součást je symetrická, což značně usnadňuje kótování součásti. U součásti je předpokládána výroba frézováním, tudíž je předepsána drsnost povrchu Ra 6,3 µm. Součást je zobrazena na výkrese součásti (viz příloha 8).

Kryt kotle

Vzhledem k tvaru a složitosti součásti je potřeba tuto součást zakótovat ve 2 pohledech v ohnutém stavu, ale aby bylo možné tuto součást vyrobit, je nutné ji zobrazit i v rozvinutém stavu. Pro tuto součást bylo zvoleno měřítko 1:1. U součásti je předpokládána výroba laserovým vyřezáváním, tudíž je předepsána drsnost povrchu Ra 3,2 µm. Součást je zobrazena na výkrese součásti (viz příloha 9).

Lokomotiva

Vzhledem k tvaru a složitosti sestavy je potřeba tuto sestavu zakótovat ve 3 pohledech a dvěma řezy. Na sestavě se nachází 12 součástí, které je nutné uvést v kusovníku a následně zakótovat polohu součástí na pohledech. Pro tuto sestavu bylo zvoleno měřítko 1:1 a pro přehlednost bylo u řezu středem sestavy zvoleno měřítko 2:1. Sestava je zobrazena na výkrese sestavy (viz příloha 1)

3 HLEDISKO TYPU VÝROBY

Výroba je definovaná jako tvorba nových výrobků, které společnost potřebuje ke svému fungování. Výroby lze členit mezi celou škálu kategorií, ale tato kapitola se bude zabývat pouze členěním z hlediska typu výroby, a to na výrobu kusovou, malosériovou, sériovou a hromadnou [2,4].

Výroba kusová

Vyznačuje se především výrobou velkého počtu různých druhů součástí v malých výrobních dávkách. Výroba se zřídka opakuje, a tudíž je značně nákladná. Jedná se o zakázkové výroby, k nimž je nutné přistupovat individuálně, proto je nutná vysoká kvalifikace obsluhy [2,4].

Výroba malosériová

Vyznačuje se výrobou desítek až stovek kusů výrobků za rok, které se s určitou pravidelností opakují. V malosériové výrobě jsou zřídka vyžadovány specializované pracoviště, a proto je především prováděna na univerzálních obráběcích strojích. Počet vyráběných hraček byl zvolen na 300 ks [2,4].

Výroba sériová

Charakterizována především pravidelně (nepravidelně) opakující se výrobou. Vyrábí se větší počet výrobků za rok, v řádu desítek až tisíců kusů, v důsledku toho může dojít ke specializaci jednotlivých pracovišť se speciálním výrobním zařízením. Výroba sériová se podle velikosti výrobní série dělí na malosériovou, středněsériovou a velkosériovou. V literárních pramenech je zřídka uvedený přesný počet kusů, který by jasně oddělil tyto druhy výrob. [2,4].

Výroba hromadná

Jedná se o největší typ výroby z hlediska počtu kusů, je charakterizována především vysokou výrobní produkcí (tisíce až desetitisíce výrobků za rok), dlouhou dobou výroby jednoho typu výrobku beze změny nebo pouze s malými konstrukčními změnami a převážně využitím speciálních strojů a pracovišť [2,4].

3.1 Volba strojního zařízení

Pro výrobu součástí byly, dle zadaného kritéria malosériové výroby, zvoleny vhodné obráběcí stroje. Tento strojní park se reálně nikde nenachází, byl navržen fiktivně pouze pro potřeby této bakalářské práce.

3.1.1 Gravitační pásová pila: 150 x 200 GH-R

Gravitační pásová pila 150 x 200 GH-R je univerzální pila (viz obr. 3.1). Tato pila má uplatnění převážně v kusové a malosériové výrobě. Pila je osazena pilovým pásem 20 x 0,9 mm. Cena pilového pásu uváděná výrobcem je 163 Kč. Pracovní pohyb ramene zajišťuje vlastní hmotnost litinového ramene, proto je pila také vybavena hydraulickým válcem, kterým je možné regulovat rychlost řezání. Pila je určena k řezání převážně v kolmých polohách, ale nabízí i možnost nastavení úhlových řezů plynule od 0° do +45°. Změna úhlu se provádí pomocí rychloupínací páky. Celková hmotnost pily je 150 kg, více technických parametrů je uvedeno v tabulce (viz tab. 3.1) [6].

Tab. 3.1 Technické parametry Gravitační pásové pily: 150 x 200 GH-R [6].

Parametr	Hodnota	Jednotka
Minimální rozměry stroje	1100 x 950 x 1400	mm
Maximální rozměry stroje	1100 x 950 x 1760	mm
Nádrž procesní kapaliny	15	l
Hmotnost pily	150	kg
Pracovní výška svěráku	600	mm
Výkon elektromotoru	0,6/0,8	kW
Rychlost pásu	40/80	m.min ⁻¹



Obr. 3.1 Pásová pila 150 x 200 GH-R [6].

3.1.2 Univerzální frézka: TOS FU 2 A

Frézka FU 2 A (viz obr. 3.2) je univerzální frézka konzolová, vyráběná společností TOS Olomouc. Použití této frézky je převážně v kusové, nebo malosériové výrobě. Tato frézka je určena pro široké spektrum frézovacích operací. Frézka má svislé vřeteno, které je uloženo v naklápěcí hlavě. Upínání nástrojů do vřetene je zajištěno kuželem ISO 50. Ke stroji lze připojit různé příslušenství a přídatná zařízení, aby byla rozšířena možnost využití. Bližší technické parametry stroje jsou k dispozici v tabulce technických parametrů (viz tab. 3.2). Tato frézka byla vyrobena v roce 1975 a dnes se již nevyrábí [7].

Tab. 3.2 Technické parametry frézky TOS FU 2 A [7].

Parametr	Hodnota	Jednotka
Půdorysná plocha stroje	1850x2500	mm
Hmotnost stroje	1960	kg
Otáčky vřetene	31-1000	ot.min ⁻¹
Upínací plocha stolu	300 x 1350	mm
Strojní pohyb stolu svislý / příčný / podélný	400 / 300 / 680	mm
Ruční pohyb stolu svislý / příčný / podélný	450 / 310 / 750	mm
Posuvy příčné a podélné	10-790	mm.min ⁻¹
Posuvy svislé	6-490	mm.min ⁻¹
Výkon elektromotoru	4,5	kW



Obr. 3.2 Frézka TOS FU 2 A [7].

3.1.3 Univerzální hrotový soustruh: SN 32

Univerzální hrotový soustruh SN 32 (viz obr. 3.3) je určen k použití v kusové nebo malosériové výrobě. Je vhodný k obrábění vnějších i vnitřních válcových, kuželových a kulových ploch. Disponuje plynulou regulací otáček. Lze jej použít pro řezání vnitřních i vnějších závitů. Soustruh je vyroben z litiny. Nádobka na třísky je uložena pod ložem. V přední části stroje je umístěn motor, který je opatřen krytem. Točivý moment je na řemenici převodovky přenášén pomocí klínového řemene. U přední opěrné nohy je umístěna nádrž s chladicí kapalinou. Technické parametry stroje uvedené v tabulce (viz tab. 3.3) [11,17].

Tab. 3.3 Technické parametry soustruhu SN 32 [11,17].

Parametr	Hodnota	Jednotka
Rozměry stroje výška / šířka / délka	1375/1000/2475	mm
Oběžný průměr nad ložem	330	mm
Oběžný průměr nad suportem	168	mm
Oběžný průměr nad vybráním lože	520	mm
Vrtání vřetene	52	mm
Vnitřní kužel	Morse 6	
Otáčky vřetene / Počet stupňů	14-2500/16	ot.min ⁻¹
Vzdálenost mezi hroty (VH)	750-1000	mm
Zdvih příčného suportu	250	mm
Výkon elektromotoru	4,0	kW
Průměr / zdvih pinoly koníku	70/180	mm
Hmotnost stroje	1540-1620	kg
Pracovní posuv podélný	0,025-3,2	mm.ot ⁻¹
Pracovní posuv příčný	0,012-1,6	mm.ot ⁻¹



Obr. 3.3 Soustruh SN 32 [11].

3.1.4 Vrtačka průmyslová: BZ - 25B/400 závitořez

Vrtačka průmyslová BZ-25B/400 závitořez (viz obr. 3.4) byla zvolena dle vhodnosti použití v malosériové výrobě a dle vhodnosti pro výrobu součástí. Tato vrtačka disponuje šestipólovým motorem se zvýšeným výkonem, rezervačním spínačem pro automatickou změnu otáček při závitování a nastavením hloubky vrtání s dorazem. Vrtačka je osazena 3 čelistovým sklíčidlem. Technické parametry uvedeny v tabulce (viz tab. 3.4) [13].

Tab. 3.4 Technické parametry vrtačky BZ-25B/400 [13].

Parametr	Hodnota	Jednotka
Rozměr základny	590x375	mm
Rozměr stolu	280x300	mm
Celková výška	1127	mm
Hmotnost stroje	165	kg
Otáčky vřetene	290-2150	ot.min ⁻¹
Příkon	1100	W
Max. vrtaný průměr	25	mm
Zdvih vřetene	125	mm
Upínací plocha stolu	300x1350	mm
Strojní pohyb stolu svislý / příčný / podélný	400/300/680	mm
Ruční pohyb stolu svislý / příčný / podélný	450/310/750	mm
Posuvy příčné a podélné	10-790	mm.min ⁻¹
Posuvy svislé	6-490	mm.min ⁻¹



Obr. 3.4 Vrtačka průmyslová BZ-25B/400 závitořez [13].

3.1.5 Ohýbačka: UBM 1070

Ohýbačka UBM 1070 (viz obr. 3.5) je univerzální víceúčelový stroj určený na stříhání, ohýbání a zakružování plechu. Snadnou obsluhu stroje zajišťuje dvouruční ovládací páka. Disponuje automatickým přitlakem stříhaného a ohýbaného materiálu, kuželově přestavitelnými válci. Výrobce stroje je Holzmann. Hmotnost stroje je 246 kg [18].



Obr. 3.5 Univerzální ohýbačka [18].

3.1.6 Kompresor: LW-2

Kompresor LW-2 (viz obr. 3.6) je univerzální kompresor. Slouží pro výrobu stlačeného vzduchu o max. tlaku 8 bar. Použití k provozu pneumatického nářadí, huštění pneumatiky, vyfukávání třísek po řezání závitů apod. Ke kompresoru je prodejcem dodáváno příslušenství v podobě spirálové hadice, tlakové pistole na huštění kol a tlakové pistole na vyfukování. Technické parametry kompresoru uvedeny v tabulce (viz tab. 3.6) Výrobce stroje uváděný prodejcem je XTline [8].

Tab. 3.6 Technické parametry kompresoru LW-2 [8].

Parametr	Hodnota	Jednotka
Plnicí výkon	206	l/min
Maximální tlak	10	bar
Objem tlakové nádoby	15	l
Výkon motoru	1500	W
Otáčky motoru	2850	ot.min ⁻¹
Napájení	230	V


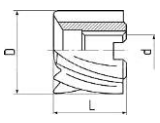
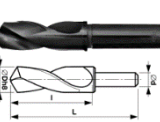
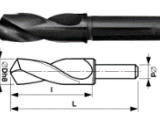
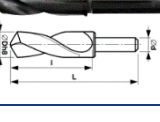
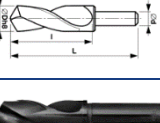











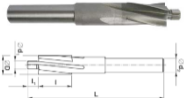
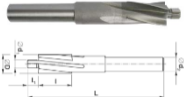
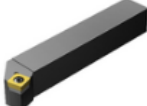


Obr. 3.6 Kompresor LW-2 [8].


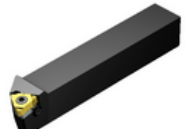
3.2 Volba nástrojů

Volba nástrojů byla provedena na základě potřeby nástrojů pro výrobu součástí dle navržené výrobní technologie (viz kapitola 4) a na základě vhodnosti použití na zvolených strojích. Detailní volba jednotlivých nástrojů zde nebude popsána. Zvolené nástroje jsou uvedené v nástrojovém listu (viz tab. 3.6).

Tab. 3.6 Nástrojový list [6,8,9,15,16,23].

VUT FSI ÚST BRNO			Nástrojový list		
Dne: 19.4.2017			Vyhotožil: Tomáš Hudyma		
č. nástroje	znázornění	Název nástroje	Výrobce (prodejce)	Označení nástroje (obj. č.)	Materiál
N1		Pilový pás	HONSBURG	HONSBURG VISION M42 2060 x 20 x 0,9	OCEL / HSS
N2		Nástrčná fréza Ø 63 mm	Kovonastroje.cz	1000000269741	HSSE
		Frézovací trn SK 50x27 – ISO 50	Kovonastroje.cz	1000000159028	OCEL
N3		Vrták s válcovou stopkou krátký Ø 3,3 mm	STIMZET	A820330V000S	HSS
N4		Vrták s válcovou stopkou krátký Ø 4 mm	STIMZET	A820400V000S	HSS
N5		Vrták s válcovou stopkou krátký Ø 5 mm	STIMZET	A820500V000S	HSS
N6		Vrták s válcovou stopkou krátký Ø 5,3 mm	STIMZET	A820530V000S	HSS
N7		Vrták s válcovou stopkou krátký Ø 6 mm	STIMZET	A820600V000S	HSS
N8		Vrták s válcovou stopkou krátký Ø 8,4 mm	STIMZET	A820840V000S	HSS
N9		Vrták s válcovou stopkou krátký Ø 10 mm	STIMZET	A821000V000S	HSS
N10		Vrták s válcovou stopkou střední Ø 4,2 mm	STIMZET	A210420T000S	HSS

č. nástroje	znázornění	Název nástroje	Výrobce (prodejce)	Označení nástroje (obj. č.)	Materiál
N11		Závitník M4x0,7 s přímou drážkou	NAREX Ždánice	041531020040000	HSSE
N12		Závitník LH M5x0,8 s přímou drážkou	Kovonastroje.cz	1000000202977	HSSE
N13		Závitník M5x0,8 s přímou drážkou	NAREX Ždánice	041531020050000	HSSE
N14		Závitník M10x1,5 s přímou drážkou	NAREX Ždánice	041531020100000	HSSE
N15		Záhlubník kuželový 90° s válcovou stopkou Ø 13,4 mm	STIMZET	C259134F000S	HSS
N16		Záhlubník Ø 10 mm s válcovou stopkou a vodícím čepem 180°	STIMZET	C045042F000S	HSS
N17		Záhlubník Ø 15 mm s válcovou stopkou a vodícím čepem 180°	STIMZET	C047068F000S	HSS
N18		Soustružnický nůž vnější čelní	SANDVIK	SSKCR 1616H 09	OCEL
		VBD	SANDVIK	SCMT 09 T3 12-PR 4335	SK
N19		Soustružnický nůž vnější	SANDVIK	DSDNN 2525M 15	OCEL
		VBD	SANDVIK	SNMG 15 06 24-PR 4325	SK
N20		Soustružnický nůž	TM Tools s.r.o.	SET STXCR 20	OCEL
		VBD na soustružení rádiusu R2 mm	TM Tools s.r.o.	SET STXCR 20	SK

č. nástroje	znázornění	Název nástroje	Výrobce (prodejce)	Označení nástroje (obj. č.)	Materiál
N21		Soudružnický nůž upichovací	SANDVIK	QD-RFB10-1616S	OCEL
		VBD	SANDVIK	QD-NB-0100-0001- CM 1125	SK
N22		Soudružnický nůž pro soudružení závitů	SANDVIK	266RFA-1212-16	OCEL
		VBD	SANDVIK	266RG-16MM02A150M 1125	SK

3.3 Volba pomůcek

Volba pomůcek (ručních nástrojů) byla provedena na základě potřeby pro výrobu součástí dle navržené výrobní technologie (viz. kapitola 4). Detailní volba jednotlivých pomůcek zde nebude popsána. Zvolené pomůcky jsou uvedené v listu ručních nástrojů (viz tab. 3.7).

Tab. 3.7 Pomůčkový list [8].

VUT FSI ÚST BRNO		List ručních nástrojů		
Dne: 24.4.2017		Vyhotožil: Tomáš Hudyma		
č. pomůcky	Znázornění	Název pomůcky	prodejce	Označení nástroje (obj. č.)
P1		Analogové posuvné měřítko 150 mm	kovonastroje.cz	1000000175295
P2		Palička pryžová	kovonastroje.cz	8595126901222
P3		Rukavice pracovní TERN 10,5"	kovonastroje.cz	8592021007851
P4		Ochranné brýle se stavitelnými nožkami	kovonastroje.cz	5906741600026
P5		Závitový kalibr-trn oboustranný M4	kovonastroje.cz	1000000197709
P6		Závitový kalibr-trn oboustranný M5	kovonastroje.cz	1000000213683

č. pomůcky	Znázornění	Název pomůcky	prodejce	Označení nástroje (obj. č.)
P7		Závitový kalibr-trn oboustranný M10	kovonastroje.cz	1000000213713
P8		Závitový kalibr-kroužek M10	kovonastroje.cz	1000000137262
P9		Pilník dílenský 200 mm kruhový 8 mm	kovonastroje.cz	4714360200203
P10		Pilník dílenský 200 mm plochý 20 x 5 mm	kovonastroje.cz	4714321200204
P11		Sada důlčků	kovonastroje.cz	8595126934916
P12		Rýsovací jehla rovná délka 160 mm	kovonastroje.cz	1000000206098
P13		Ocelové ploché měřítko 300 mm, nerez	kovonastroje.cz	8592021011261
P14		Otočný hrot MK3 60° s redukčním pouzdem MK6 ČSN 243324	kovonastroje.cz	243324
P15		Sada magnetických šroubováků 6 ks	kovonastroje.cz	8595126914499
P16		Přípravek pro upnutí do sklíčidla soustruhu	-	171884-P1
P17		Přípravek pro ohnutí kabinky	-	171884-P2
P18		Přípravek pro vrtání otvorů	-	171884-P3

4 TECHNOLOGIE VÝROBY

Tato kapitola popisuje návrh technologie výroby pro jednotlivé součásti, návrh optimálních řezných podmínek, tvorbu výrobních postupů, tvorbu montážního postupu a výpočet strojních časů pro jednotlivé operace soustružení, frézování a vrtání. Na všech vyráběných součástech bude provedeno alkalické černění.

Alkalické černění

Alkalické černění je povrchová úprava povrchu, prováděná především pro zlepšení vzhledu součásti. Součást je ponořena, po určitou dobu a za určité teploty, do sodné lázně. Výsledkem alkalického černění je vznik oxidové vrstvy, která součást chrání proti korozi. Alkalické černění bude probíhat v kooperaci [20].

Výpočet strojních časů

Celková délka dráhy nástroje vypočtená dle vztahu (4.1) uvedeném např. v [2].

$$L = l_n + l + l_p \text{ [mm]} \quad (4.1)$$

kde:

- L ... celková délka dráhy nástroje [mm]
- l_n ... náběhová délka [mm]
- l ... délka soustružené (vrtané, frézované) části [mm]
- l_p ... přeběhová délka [mm]

Strojní čas pro soustružení vypočtený dle vztahu (4.2) uvedeném např. v [2].

$$t_s = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} \text{ [min]} \quad (4.2)$$

kde:

- t_s ... celkový strojní čas [min]
- i ... počet operací
- n ... otáčky [min^{-1}]
- s ... posuv na otáčku [mm]

Strojní čas pro vrtání vypočtený dle vztahu (4.3) uvedeném např. v [2].

$$t_s = \frac{L \cdot i}{s \cdot n_s} \text{ [min]} \quad (4.3)$$

kde:

- t_s ... celkový strojní čas [min]
- i ... počet vyvrtaných děr
- n_s ... frekvence otáček [min^{-1}]
- s ... posuv na otáčku [mm]

Strojní čas pro frézování vypočtený dle vztahu (4.4) uvedeném např. v [2].

$$t_s = \frac{L \cdot i}{f_z \cdot z \cdot n_s} \text{ [min]} \quad (4.4)$$

kde:

- t_s ... celkový strojní čas [min]
- i ... počet záběrů frézy
- f_z ... posuv nástroje na zub [mm]
- n_s ... frekvence otáček [min^{-1}]
- z ... počet zubů frézy

4.1 Základní deska

Zhodnocení technologičnosti

Na součásti se nenachází žádné konstrukční složitosti, ani složité a velmi přesné výrobní prvky. Obrobitelnost předepsaného materiálu byla dle [1] určena na 17b pro soustružení, pro frézování 16b a pro broušení 10b.

- Požadovaná drsnost na výrobek je $R_a 6,3 \mu m$, z toho vyplývá, že součást nebude dokončována broušením. Na součásti se také nachází geometrická tolerance kolmosti, kterou je nutné brát při výrobě součásti v úvahu.
- Součást je konstruovaná bez tvarových složitostí.
- Vzhledem k obrobitelnosti předepsaného materiálu lze výrobu realizovat na konvenčních obráběcích strojích.

Výrobní postup

Veškeré prováděné operace potřebné pro výrobu dané součásti jsou uvedeny v technologickém postupu (viz příloha 10). Pro tuto součást není nutné použití přípravku, ani speciálních nástrojů.

Řezné podmínky a strojní časy

Pro součást Základní deska byly pro operace frézování, vrtání a řezání závitů zvoleny optimální řezné podmínky dle [1,4]. Zvolené hodnoty a strojní časy byly pro přehlednost zaneseny do tabulek (viz tab. 4.1, 4.2 a 4.3).

Tab. 4.1 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro frézování [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	z	a_p [mm]	n_s [min ⁻¹]	f_z [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
01/01	Frézovat rozměr 12 mm na $10 \pm 0,1$ mm oboustranně	N2	2	12	1	126	0,13	1,68	165
02/02	Frézovat rozměr 50 mm na $45 \pm 0,1$ mm oboustranně	N2	2	12	2,5	126	0,13	1,68	165
03/03	Frézovat rozměr 102 mm na $100 \pm 0,1$ mm oboustranně	N2	2	12	1	126	0,13	1,07	105
04/04	2x frézovat sražení hrany $2 \times 45^\circ$ v délce 100 mm	N2	2	12	2	126	0,13	1,63	160

Tab. 4.2 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro vrtání [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	n_s [min ⁻¹]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
07/07	2x vrtat díru $\varnothing 5,3$ mm	N6	2	1370	0,08	0,16	9
08/08	2x zahloubit do hloubky 3 mm	N15	2	650	0,15	0,10	5
09/09	3x vrtat díru $\varnothing 4,2$ mm do hloubky 12 mm	N10	3	1670	0,07	0,38	15
12/12	3x vrtat díru $\varnothing 4,2$ mm do hloubky 12 mm	N10	3	1670	0,07	0,38	15

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	n_s [min ⁻¹]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
15/15	4x vrtat díru Ø 4,2 mm do hloubky 10 mm	N10	4	1670	0,07	0,44	13

Tab. 4.3 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro řezání závitů [1,4]

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	n_s [min ⁻¹]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
11/11	3x řezat levý závit M5 do hloubky 8,5 mm	N12	3	290	0,8	0,17	13,5
14/14	3x řezat závit M5 do hloubky 8,5 mm	N13	3	290	0,8	0,17	13,5
17/17	4x řezat závit M5 do hloubky 5 mm	N13	4	290	0,8	0,12	7

4.2 Kotel

Zhodnocení technologičnosti

Na součásti se nenachází žádné konstrukční složitosti, ani složité a velmi přesné výrobní prvky. Obrobitelnost předepsaného materiálu byla dle [1] určena na 17b pro soustružení, pro frézování 16b a pro broušení 10b.

- Požadovaná drsnost na výrobek je $R_a 3,2 \mu m$, z toho vyplývá, že součást nebude dokončována broušením. Na součásti se také nachází geometrické tolerance přímosti a kolmosti, které je nutné brát při výrobě součásti v úvahu.
- Součást je konstruovaná bez tvarových složitostí.
- Vzhledem k obrobitelnosti předepsaného materiálu lze výrobu realizovat na konvenčních obráběcích strojích.

Výrobní postup

Veškeré prováděné operace potřebné pro výrobu dané součásti jsou uvedeny v technologickém postupu (viz příloha 11). Pro tuto součást bude při výrobě použitý přípravek.

Řezné podmínky a strojní časy

Pro součást Kotel byly pro operace frézování, soustružení, vrtání a řezání závitů zvoleny optimální řezné podmínky dle [1,4]. Zvolené hodnoty a strojní časy byly pro přehlednost zaneseny do tabulek (viz tab. 4.4, 4.5, 4.6 a 4.7).

Tab. 4.4 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro soustružení [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	a_p [mm]	n [min ⁻¹]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
01/01	Zarovnat čelo na délku 68 mm	N18	2	1,5	1695	0,3	0,10	25
02/02	Soustružit Ø 40 mm na Ø 35,4 mm ke sklíčidlu	N19	1	2,3	1590	0,35	0,09	50
06/06	Zarovnat čelo na délku 65 mm	N18	2	1,5	1695	0,3	0,08	20

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	a_p [mm]	n [min^{-1}]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
07/07	Soustružit $\varnothing 40$ mm na $\varnothing 35,4$ mm ke sklíčidlu	N19	1	2,3	1590	0,35	0,08	45
07/07	Srazit hranu $5 \times 45^\circ$	N19	2	2,5	382	0,11	0,57	12
22/22	dokončit $\varnothing 35,4$ mm na $\varnothing 35$ mm	N19	1	0,2	382	0,09	1,95	67

Tab. 4.5 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro frézování [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	z	a_p [mm]	n_s [min^{-1}]	f_z [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
11/11	Frézovat plochu na míru $15 \pm 0,1$ mm dle výkresové dokumentace	N2	1	12	2,7	126	0,1	0,83	125

Tab. 4.6 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro vrtání [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	n_s [min^{-1}]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
03/03	Vrtat díru $\varnothing 4,2$ mm do hloubky 14 mm	N10	1	1670	0,07	0,14	16
08/08	Vrtat díru $\varnothing 4,2$ mm do hloubky 14 mm	N10	1	1670	0,07	0,15	17
12/12	Vrtat otvor $\varnothing 4,2$ mm průchozí	N10	1	1670	0,07	0,33	38
13/13	Zahloubit $\varnothing 15$ mm do hloubky 2,2 mm	N15	1	460	0,18	0,06	5,2
16/16	Vrtat otvor $\varnothing 4,2$ mm průchozí	N10	1	1670	0,07	0,33	38
17/17	Vrtat otvor $\varnothing 8,4$ mm do hloubky 15 mm	N8	1	550	0,17	0,19	18

Tab. 4.7 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro řezání závitů [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	n_s [min^{-1}]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
05/05	Řezat závit M5-6H do hloubky 11 mm	N13	1	100	0,8	0,20	15
10/10	Řezat závit M5-6H do hloubky 11 mm	N13	1	100	0,8	0,21	17
15/15	Řezat závit M5-6H do hloubky 11 mm	N13	1	100	0,8	0,21	17
19/19	Řezat závit M10-6H do hloubky 11 mm	N14	1	100	1,5	0,11	17
21/21	2x řezat závit M5-6H do hloubky 11 mm	N13	2	100	0,8	0,43	17

4.3 Kabina

Zhodnocení technologičnosti

Na součásti se nenachází žádné konstrukční složitosti, ani složité a velmi přesné výrobní prvky. Obrobitelnost předepsaného materiálu byla dle [1] určena na 17b pro soustružení, pro frézování 16b a pro broušení 10b.

- Požadovaná drsnost na výrobek je $R_a 12,5 \mu m$, z toho vyplývá, že součást nebude dokončována broušením. Na výkresu součásti se nachází geometrická tolerance kolmosti, kterou je nutné brát při výrobě součásti v úvahu.
- Součást je konstruovaná bez tvarových složitostí.
- Vzhledem k obrobitelnosti předepsaného materiálu lze výrobu realizovat na konvenčních obráběcích strojích.

Výrobní postup

Veškeré prováděné operace potřebné pro výrobu dané součásti jsou uvedeny v technologickém postupu (viz příloha 12). Pro tuto součást bude při výrobě použitý přípravek na ohýbání.

Řezné podmínky a strojní časy

Pro součást Kabina byly pro operace frézování, vrtání a řezání závitů zvoleny optimální řezné podmínky dle [1,4]. Zvolené hodnoty a strojní časy byly pro přehlednost zaneseny do tabulek (viz tab. 4.8, 4.9 a 4.10).

Tab. 4.8 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro frézování [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	z	a_p [mm]	n_s [min ⁻¹]	f_z [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
01/01	Frézovat vybrání 19,2 mm dle výkresové dokumentace	N2	7	12	2,74	126	0,13	3,92	110
02/02	4x frézovat sražení hrany 2x45° v délce 50 mm	N2	4	12	2	126	0,13	1,83	90
10/10	Frézovat vybrání 10 mm dle výkresové dokumentace	N2	4	12	3	126	0,13	1,83	90

Tab. 4.9 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro řezání závitů [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	n_s [min ⁻¹]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
08/08	2x řezat závit M4	N11	2	290	0,7	0,05	5

Tab. 4.10 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro vrtání [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	a_p [mm]	n_s [min ⁻¹]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
03/03	Vrtat díru Ø 5,3 mm průchozí	N6	1	1	1670	0,07	0,04	5

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	a_p [mm]	n_s [min ⁻¹]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
04/04	2x vrtat díru Ø 10 mm průchozí	N9	2	2	800	0,13	0,10	5
05/05	2x vrtat díru Ø 3,3 mm průchozí	N3	2	2	1800	0,05	0,11	5
06/06	Vrtat díru Ø 10 mm průchozí	N9	1	2	800	0,13	0,05	5
07/07	Vrtat díru Ø 10 mm průchozí	N9	1	x	800	0,13	0,05	5

4.4 Vodní nádrž

Zhodnocení technologičnosti

Na součásti se nenachází žádné konstrukční složitosti, ani složité a velmi přesné výrobní prvky. Obrobitelnost předepsaného materiálu byla dle [1] určena na 17b pro soustružení, pro frézování 16b a pro broušení 10b.

- Požadovaná drsnost na výrobek je $R_a 3,2 \mu m$, z toho vyplývá, že součást nebude dokončována broušením.
- Součást je konstruovaná bez tvarových složitostí.
- Vzhledem k obrobitelnosti předepsaného materiálu lze výrobu realizovat na konvenčních obráběcích strojích.

Výrobní postup

Veškeré prováděné operace potřebné pro výrobu dané součásti jsou uvedeny v technologickém postupu (viz příloha 13).

Řezné podmínky a strojní časy

Pro součást Vodní nádrž byly pro operace soustružení a vrtání zvoleny optimální řezné podmínky dle [1,4]. Zvolené hodnoty a strojní časy byly pro přehlednost zaneseny do tabulek (viz tab. 4.11 a 4.12)

Tab. 4.11 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro soustružení [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	a_p [mm]	n [min ⁻¹]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
00/00	Zarovnat čelo v délce max. 2 mm	N18	1	1	1193	0,09	0,09	10
01/01	Soustružit Ø 16 mm na Ø 15d11 mm v délce 17 mm	N19	1	1	1500	0,05	0,25	19
02/02	Soustružit rádius R 2 mm	N20	1	1,5	1193	0,09	0,03	3,5
05/05	Upíchnout na délku 15 mm	N21	1	2	1570	0,05	0,11	9

Tab. 4.12 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro vrtání [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	n_s [min ⁻¹]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
03/03	Vrtat díru Ø 5 mm	N5	1	1670	0,07	0,15	17
04/04	Vrtat zahloubení do hloubky 3 mm	N15	1	800	0,13	0,06	6

4.5 Komín

Zhodnocení technologičnosti

Na součásti se nenachází žádné konstrukční složitosti, ani složité a velmi přesné výrobní prvky. Obrobitelnost předepsaného materiálu byla dle [1] určena na 17b pro soustružení, pro frézování 16b a pro broušení 10b.

- Požadovaná drsnost na výrobek je $R_a \ 3,2 \ \mu\text{m}$, z toho vyplývá, že součást nebude dokončována broušením.
- Součást je konstruovaná bez tvarových složitostí.
- Vzhledem k obrobitelnosti předepsaného materiálu lze výrobu realizovat na konvenčních obráběcích strojích.

Výrobní postup

Veškeré prováděné operace potřebné pro výrobu dané součásti jsou uvedeny v technologickém postupu (viz příloha 14).

Řezné podmínky a strojní časy

Pro součást Komín byly pro operace soustružení, vrtání a řezání závitů zvoleny optimální řezné podmínky dle [1,4]. Zvolené hodnoty a strojní časy byly pro přehlednost zaneseny do tabulek (viz tab. 4.13, 4.14 a 4.15).

Tab. 4.13 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro soustružení [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	a_p [mm]	n [min ⁻¹]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
00/00	Zarovnat čelo v délce max. 2 mm	N18	1	1,5	1193	0,09	0,06	6
01/01	Soustružit Ø 12 mm na Ø 10 mm v délce 30 mm	N19	1	1	2500	0,18	0,07	33
03/03	Upíchnout na délku 27 mm	N21	1	2	1909	0,07	0,04	6
04/04	Zarovnat čelo na délku 26 mm	N18	1	1	1193	0,09	0,06	6
06/06	Soustružit zápich 1 mm do hloubky 1 mm	N21	1	1	1000	0,05	0,04	2

Tab. 4.14 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro řezání závitů [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	n_s [min ⁻¹]	s [mm]	strojný čas [min]	L [mm]
02/02	Řezat závit M10 v délce 10 mm	N22	1	100	1,5	0,11	16

Tab. 4.15 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro vrtání [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	n_s [min ⁻¹]	s [mm]	strojný čas [min]	L [mm]
05/05	Vrtat díru Ø 6 mm do hloubky 10 mm	N7	1	1370	0,08	0,12	13

4.6 Kolo

Zhodnocení technologičnosti

Na součásti se nenachází žádné konstrukční složitosti, ani složité a velmi přesné výrobní prvky. Obrobitelnost předepsaného materiálu byla dle [1] určena na 17b pro soustružení, pro frézování 16b a pro broušení 10b.

- Požadovaná drsnost na výrobek je $R_a 6,3 \mu\text{m}$, z toho vyplývá, že součást nebude dokončována broušením. Na výkresu součásti se nachází geometrická tolerance kolmosti, kterou je nutné brát při výrobě součásti v úvahu.
- Součást je konstruovaná bez tvarových složitostí.
- Vzhledem k obrobitelnosti předepsaného materiálu lze výrobu realizovat na konvenčních obráběcích strojích.

Výrobní postup

Veškeré prováděné operace potřebné pro výrobu dané součásti jsou uvedeny v technologickém postupu (viz příloha 15). Pro výrobu součásti je nutno použít přípravek na vrtání.

Řezné podmínky a strojní časy

Pro součást Kolo byly pro operace soustružení a vrtání zvoleny optimální řezné podmínky dle [1,4]. Zvolené hodnoty a strojní časy byly pro přehlednost zaneseny do tabulek (viz tab. 4.16 a 4.17).

Tab. 4.16 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro soustružení [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	a_p [mm]	n [min ⁻¹]	s [mm]	Strojní čas [min]	L [mm]
00/00	Zarovnat čelo v délce max. 2 mm	N18	1	1,5	1193	0,09	0,14	15
01/01	Soustružit Ø 26 mm na Ø 25 mm v délce 10 mm	N19	1	0,5	685	0,14	0,13	12
04/04	Soustružit vnitřní Ø 20 mm do hloubky 1 mm	N18	1	1	652	0,09	0,19	11
05/05	Upíchnout na délku 6,5 mm	N21	1	2	1909	0,07	0,10	14
06/06	Zarovnat čelo na délku 6 mm	N18	1	0,5	840	0,09	0,19	14

Tab. 4.17 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro vrtání [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	n_s [min ⁻¹]	s [mm]	Strojní čas [min]	L [mm]
02/02	Vrtat díru Ø 5,3 mm	N6	1	1670	0,07	0,10	12
03/03	Vrtat zahloubení Ø 10 mm do hloubky 5 mm	N16	1	800	0,13	0,07	7
08/08	8x vrtat otvor Ø 4 mm	N4	8	1700	0,06	0,86	11

4.7 Střecha

Zhodnocení technologičnosti

Na součásti se nenachází žádné konstrukční složitosti, ani složité a velmi přesné výrobní prvky. Obrobitelnost předepsaného materiálu byla dle [1] určena na 17b pro soustružení, pro frézování 16b a pro broušení 10b.

- Požadovaná drsnost na výrobek je $R_a 6,3 \mu m$, z toho vyplývá, že součást nebude dokončována broušením.
- Součást je konstruovaná bez tvarových složitostí.
- Vzhledem k obrobitelnosti předepsaného materiálu lze výrobu realizovat na konvenčních obráběcích strojích.

Výrobní postup

Veškeré prováděné operace potřebné pro výrobu dané součásti jsou uvedeny v technologickém postupu (viz příloha 16). Pro tuto součást není nutné použití přípravku, ani speciálních nástrojů.

Řezné podmínky a strojní časy

Pro součást Střecha byly pro operace frézování a vrtání zvoleny optimální řezné podmínky dle [1,4]. Zvolené hodnoty a strojní časy byly pro přehlednost zaneseny do tabulek (viz tab. 4.18 a 4.19).

Tab. 4.18 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro frézování [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	z	a_p [mm]	n_s [min ⁻¹]	f_z [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
01/01	Frézovat rozměr 8 mm na $5 \pm 0,1$ mm oboustranně	N2	2	12	1	126	0,13	1,12	110
02/02	Frézovat rozměr 50 mm na $45 \pm 0,1$ mm oboustranně	N2	2	12	2,5	126	0,13	0,94	92
03/03	Frézovat rozměr 32 mm na $30 \pm 0,1$ mm oboustranně	N2	2	12	1	126	0,13	1,07	105
04/04	2x frézovat sražení hrany $2 \times 45^\circ$ v délce 30 mm	N2	2	12	2	126	0,13	0,92	90
05/05	2x frézovat sražení hrany $2 \times 45^\circ$ v délce 45 mm	N2	2	12	2	126	0,13	0,92	90
06/06	2x frézovat sražení hrany $2 \times 45^\circ$ v délce 2 mm	N2	2	12	2	126	0,13	0,05	5

Tab. 4.19 Řezné podmínky a vypočtené strojní časy pro frézování [1,4].

Číslo operace	Popis práce v operaci	Nástroj	i	n_s [min ⁻¹]	s [mm]	strojní čas [min]	L [mm]
08/08	2x vrtat díru Ø 4,2 mm průchozí	N10	2	1370	0,08	0,13	7
09/09	2x zahloubit do hloubky 3 mm	N15	2	650	0,15	0,10	5

4.8 Kryt kotle

Veškeré prováděné operace potřebné pro výrobu dané součásti jsou uvedeny v technologickém postupu (viz tab. 4.20).

Laserové vyřezávání

Laserové vyřezávání je technologie, která využívá laser k dělení materiálů. Jedná se o velmi přesnou a rychlou výrobní technologii. V současné době se v ČR věnuje laserovému vyřezávání několik firem, ale ty nebudou v této bakalářské práci uvedeny. Výroba bude realizována v některé z těchto firem. Tato technologie umožňuje zpracování plechů o maximálních rozměrech 1500 x 3000 mm v síle až do 20 mm. Princip fungování spočívá v tom, že kov je laserem nataven a následně vyfouknut proudem inertního plynu (např. dusík). V dnešní době je proces plně řízen počítačem [21].

Tab. 4.20 Výrobní postup součásti Kryt kotle.

Kryt kotle				
VUT FSI	Výrobní postup	Název součásti: Kryt kotle	Číslo výkresu: 171884-9	
Datum: 27.4.2017	Vypracoval: Tomáš Hudyma	Polotovary: 1x68x70 EN 10131		
Číslo operace	Označení stroje	Pracoviště	Popis práce	Nástroj
00/00		Sklad	Příjem polotovarů z kooperace laserové vyřezávání	
01/01	Ohýbačka UBM 1070	Ruční pracoviště	Ohýbat dle výkresové dokumentace	P1,P3
02/02		OTK	Výstupní kontrola každého kusu	P1
03/03		Expedice	Přípravit na převoz do kooperace na alkalické černění, vložit do bedny	bedna, izolepa, PES kuličky

4.9 Lokomotiva

Jedná se o jednoduchou sestavu skládající se z osmi součástí a čtyř druhů šroubů. Při montáži nebudou použité žádné speciální přípravky, ani nástroje. Veškeré prováděné operace potřebné pro sestavení hračky jsou uvedeny v montážním postupu (viz příloha 17).

5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Tato kapitola se věnuje výpočtu využití materiálu, výpočtu spotřeby materiálu a ceně jednotlivých nástrojů. Při výpočtu nebudou zahrnuty režijní náklady, do kterých patří například náklady na chladicí kapaliny, náklady spojené s recyklací odpadu, manipulace s výrobky, náklady na obsluhu, náklady na administrativní pracovníky, náklady na balení atd. Tyto režijní náklad nebudou do výpočtu zahrnuty, jelikož nesplňují rozsah této bakalářské práce [3,4].

5.1 Využití materiálu

Na základě zvolených polotovarů (viz kapitola 2.3) byly individuálně pro každou součást provedeny výpočty využití materiálu, počtu potřebných polotovarů, hmotností jednotlivých polotovarů atd.

Základní deska

Výpočet využití materiálu součásti Základní deska. Všechny vypočtené hodnoty byly zaneseny do tabulky (viz tab. 5.1). Pásky plechu budou děleny na pásové pile, což ukazuje schéma dělení pásů plechu na polotovary (viz obr. 5.1). Hmotnost hotové součásti (Q_s) byla vypočtena v programu Autodesk Inventor Professional: $Q_s = 0,332$ kg.

Počet polotovarů z jednoho pásu plechu (n_p) byl vypočten dle vzorce (5.1) a jeho hodnota je $n_p = 19,05 \approx 19$ ks.

$$n_p = \frac{Z}{(a + 2 \cdot p + d)} [ks] \quad (5.1)$$

kde:

- n_p ... počet polotovarů z jednoho pásu plechu [ks]
- Z ... celková délka pásu plechu [m]
- a ... délka součásti [m]
- p ... přídavek na obrábění [m]
- d ... délka průřezu materiálu při dělení polotovaru [m]

Počet pásů plechu (n_{pp}) byl vypočten dle vzorce (5.2) a jeho hodnota je $n_{pp} = 15,79 \approx 16$ ks.

$$n_{pp} = \frac{n_s}{n_p} [ks] \quad (5.2)$$

kde:

- n_{pp} ... potřebný počet pásů plechu [ks]
- n_s ... velikost série [ks]

Hmotnost jednoho pásu plechu (Q_{pp}) byla vypočtena dle vzorce (5.3) a její hodnota je $Q_{pp} = 9,42$ kg.

$$Q_{pp} = W \cdot Z \cdot t \cdot \rho [kg] \quad (5.3)$$

kde:

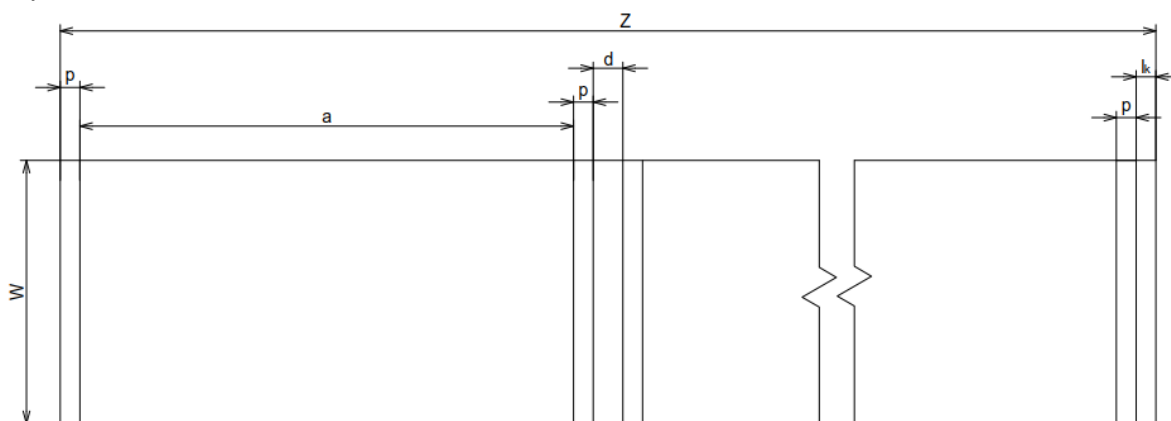
- Q_{pp} ... hmotnost 1 pásu plechu [kg]
- W ... celková šířka pásu plechu [m]
- t ... tloušťka pásu plechu [m]
- ρ ... hustota materiálu [kg/m^3]

Využití materiálu (η_m) bylo vypočteno dle vzorce (5.4) a jeho hodnota je $\eta_m = 66,08 \%$.

$$\eta_m = \frac{Q_s \cdot n_s}{Q_{pp} \cdot n_{pp}} \cdot 100 [\%] \quad (5.4)$$

kde:

η_m ... využití materiálu [%]



Obr. 5.1 Schéma dělení pásu plechu na polotovary (l_k – délka nevyužitého konce)

Tab. 5.1 Sumarizace vypočtených hodnot

Popis	Značka	Hodnota	Jednotka
Počet součástí v sérii	n_s	300	ks
Počet polotovarů z jednoho pásu plechu	n_p	19	ks
Hmotnost jedné součásti	Q_s	0,332	kg
Potřebný počet pásů plechu	n_{pp}	16	ks
Hmotnost jednoho pásu plechu	Q_{pp}	9,42	kg
Procentuální využití materiálu	η_m	66,08	%

Kotel

Výpočet využití materiálu součásti Kotel. Všechny vypočtené hodnoty byly zaneseny do tabulky (viz tab. 5.2). Tyče budou na polotovary děleny na pásové pile, což ukazuje schéma dělení tyče na polotovary (viz obr. 5.2). Hmotnost hotové součásti (Q_s) byla vypočtena v programu Autodesk Inventor Professional: $Q_s = 0,450$ kg.

Počet polotovarů z jedné tyče byl vypočten dle vzorce (5.5) a jeho hodnota je $n_{pT} = 27,027$ ks.

$$n_{pT} = \frac{Z}{(a + 2 \cdot p + u)} [ks] \quad (5.5)$$

kde:

- n_{pT} ... počet polotovarů z jedné tyče [ks]
- Z ... celková délka pásu plechu [m]
- a ... délka součásti [m]
- p ... přídavek na obrábění [m]
- u ... délka průřezu materiálu při dělení polotovaru [m]

Potřebný počet tyčí (n_T) byl vypočten dle vzorce (5.6) a jeho hodnota je $n_T = 11,11 \approx 12$ ks.

$$n_T = \frac{n_s}{n_{pT}} [ks] \quad (5.6)$$

kde:

 n_T ... potřebný počet tyčí [ks]

n_s ... velikost série [ks]

Hmotnosť jedného pásu plechu (Q_T) bola vypočítaná dle vzorca (5.7) a jej hodnota je $Q_T = 19,73$ kg.

$$Q_T = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot Z \cdot \rho \text{ [kg]} \quad (5.7)$$

kde:

Q_T ... hmotnost 1 tyče [kg]

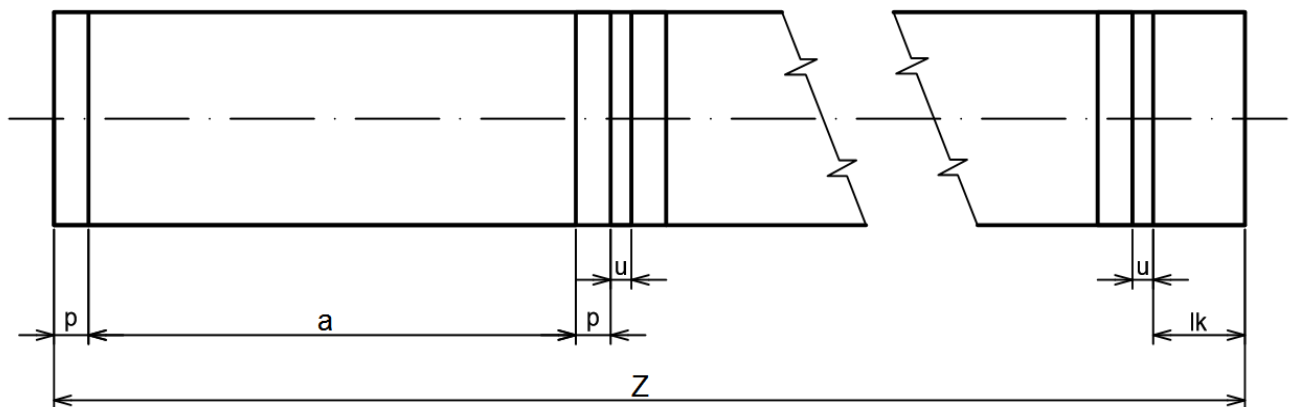
D ... průměr polotovaru [m]

ρ ... hustota materiálu [kg/m³]

Využití materiálu (η_m) bylo vypočteno dle vzorce (5.4) a jeho hodnota je $\eta_m = 57,01 \%$.

$$\eta_m = \frac{Q_S \cdot n_S}{Q_T \cdot n_T} \cdot 100 [\%] \quad (5.8)$$

kde:

 η_m ... využití materiálu [%]

Obr. 5.2 Schéma dělení tyče na polotovary (l_k – délka nevyužitého konce)

Tab. 5.2 Sumarizace vypočtených hodnot

Popis	Značka	Hodnota	Jednotka
Počet součástí v sérii	n_S	300	ks
Počet polotovarů z jedné tyče	n_P	27	ks
Hmotnost jedné součásti	Q_S	0,45	kg
Potřebný počet tyčí	n_T	12	ks
Hmotnost jedné tyče	Q_T	19,73	kg
Procentuální využití materiálu	η_m	57,01	%

Kabina

Součást Kabina je z tyčového polotovaru jäckel, proto je možné použít výpočet využití materiálu dle vzorců 5.5, 5.6 a 5.8. Vypočtené hodnoty zaneseny do tabulky (viz tab. 5.3). Hmotnost hotové součásti (Q_S) byla vypočtena v programu Autodesk Inventor Professional: $Q_S = 0,073$ kg.

Hmotnost jedné tyče z jäcklu (Q_{Tj}) je nutné počítat novým vzorcem a to vzorcem (5.9). Plocha průřezu (S) byla vypočtena v programu Autodesk Inventor Professional $S = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Vypočtená hodnota $Q_{Tj} = 4,05$ kg.

$$Q_{Tj} = S \cdot Z \cdot \rho \text{ [kg]} \quad (5.9)$$

kde:

- Q_T ... hmotnost 1 tyče [kg]
- S ... plocha průřezu [m]
- ρ ... hustota materiálu [kg/m³]

Tab. 5.3 Sumarizace vypočtených hodnot

Popis	Značka	Hodnota	Jednotka
Počet součástí v sérii	n_S	300	ks
Počet polotovarů z jedné tyče	n_p	26	ks
Hmotnost jedné součásti	Q_S	0,073	kg
Potřebný počet tyčí	n_T	12	ks
Hmotnost jedné tyče z jäcklu	Q_{Tj}	4,05	kg
Procentuální využití materiálu	η_m	45,06	%

Vodní nádrž

Součást Vodní nádrž je z tyčového polotovaru, proto je možné použít výpočet využití materiálu dle vzorců 5.5–5.8. Vypočtené hodnoty byly zaneseny do tabulky (viz tab. 5.4). Hmotnost hotové součásti (Q_S) byla vypočtena v programu Autodesk Inventor Professional: $Q_S = 0,017$ kg.

Tab. 5.4 Sumarizace vypočtených hodnot

Popis	Značka	Hodnota	Jednotka
Počet součástí v sérii	n_S	300	ks
Počet polotovarů z jedné tyče	n_p	45	ks
Hmotnost jedné součásti	Q_S	0,017	kg
Potřebný počet tyčí	n_T	7	ks
Hmotnost jedné tyče	Q_T	1,58	kg
Procentuální využití materiálu	η_m	46,11	%

Komín

Součást Komín je z tyčového polotovaru, proto je možné použít výpočet využití materiálu dle vzorců 5.5–5.8. Vypočtené hodnoty byly zaneseny do tabulky (viz tab. 5.5). Hmotnost hotové součásti (Q_S) byla vypočtena v programu Autodesk Inventor Professional: $Q_S = 0,012$ kg.

Tab. 5.5 Sumarizace vypočtených hodnot

Popis	Značka	Hodnota	Jednotka
Počet součástí v sérii	n_s	300	ks
Počet polotovarů z jedné tyče	n_p	30	ks
Hmotnost jedné součásti	Q_s	0,012	kg
Potřebný počet tyčí	n_T	10	ks
Hmotnost jedné tyče	Q_T	0,888	kg
Procentuální využití materiálu	η_m	40,54	%

Kolo

Součást Kolo je z tyčového polotovaru, proto je možné použít výpočet využití materiálu dle vzorců 5.5–5.8. Vypočtené hodnoty byly zaneseny do tabulky (viz tab. 5.6). Hmotnost hotové součásti (Q_s) byla vypočtena v programu Autodesk Inventor Professional: $Q_s = 0,014$ kg.

Tab. 5.6 Sumarizace vypočtených hodnot

Popis	Značka	Hodnota	Jednotka
Počet součástí v sérii	n_s	300	ks
Počet polotovarů z jedné tyče	n_p	66	ks
Hmotnost jedné součásti	Q_s	0,014	kg
Potřebný počet tyčí	n_T	5	ks
Hmotnost jedné tyče	Q_T	4,17	kg
Procentuální využití materiálu	η_m	20,14	%

Střecha

Součást Střecha je z polotovaru pásu plechu, proto je možné použít výpočet využití materiálu dle vzorců 5.1–5.4. Vypočtené hodnoty byly zaneseny do tabulky (viz tab. 5.7). Hmotnost hotové součásti (Q_s) byla vypočtena v programu Autodesk Inventor Professional: $Q_s = 0,049$ kg.

Tab. 5.7 Sumarizace vypočtených hodnot

Popis	Značka	Hodnota	Jednotka
Počet součástí v sérii	n_s	300	ks
Počet polotovarů z jednoho pásu plechu	n_p	57	ks
Hmotnost jedné součásti	Q_s	0,049	kg
Potřebný počet pásů plechu	N_{pp}	6	ks
Hmotnost jednoho pásu plechu	Q_{pp}	6,28	kg
Procentuální využití materiálu	η_m	39,01	%

Kryt kotle

Pro tuto součást nebude využití materiálu počítáno, protože je vyráběna v kooperaci. Kvalifikovaným odhadem byl počet potřebných tabulí plechu stanoven na 1ks.

5.2 Ekonomické zhodnocení

V této podkapitole je uvedena cena materiálu, cena el. energie a cena nástrojů. Výpočet nákladů na součást nebude v této bakalářské práci proveden, protože by do něj bylo nutné zahrnout i režijní náklady a ty bez vedlejších strojních časů není možné určit, ani odhadnout.

5.2.1 Cena materiálu

Na základě předchozího výpočtu využití materiálu a potřebného počtu kusů polotovarů byla v programu Excel vypočtena, dle vzorce 5.10, celková cena materiálu použitého na výrobu (viz tab. 5.8). Cena za polotovar byla určena dle ceníku Feron a.s. Cena na webu je uvedena za metr polotovaru, proto byla tato cena přepočtena na kusy polotovarů, tak jak jsou uvedeny v kapitole 2.3. Celková cena za všechny polotovary činí 17 135,25 Kč [14].

$$C_M = C_P \cdot n_P \text{ [Kč]} \quad (5.10)$$

kde:

- n_P ... počet polotovarů [ks]
- C_P ... cena za jeden polotovar [Kč]
- C_M ... cena materiálu [Kč]

Tab. 5.8 Cena materiálu [14].

Polotovar	Cena [Kč]	Potřebný počet [ks]	Cena všech polotovarů [Kč]
Plech 12 x 1000 x 2000 mm	4056,46	2	8112,92
Tyč Ø 40 mm délka 2000 mm	346,00	12	4152,00
Jäckel 40 x 30 x 2 mm délka 2000 mm	87,56	12	1050,72
Tyč Ø 16 mm délka 1000 mm	27,73	7	194,11
Tyč Ø 12 mm délka 1000 mm	17,01	10	170,10
Tyč Ø 26 mm délka 1000 mm	67,57	5	337,85
Plech 8 x 1000 x 2000 mm	2704,17	1	2704,17
Plech 1 x 1000 x 2000 mm	413,38	1	413,38
Σ cen:			17135,25

5.2.2 Spotřeba a cena el. energie

Výpočet spotřeby el. energie bude proveden dle vzorce 5.11, pouze pro stroje, u kterých byl proveden výpočet strojních časů, protože u ostatních strojů je obtížné odhadovat dobu provozu, jelikož nejsou spočítány vedlejší strojní časy. Vypočtené hodnoty byly zaneseny do tabulky (viz tab. 5.9). Aktuální cena el. Energie je 3,71 Kč/kWh dle [24]. Celková cena spotřeby el. energie činí 2 494,79 Kč.

$$C_E = t_{SS} \cdot P \cdot E_c \text{ [Kč]} \quad (5.11)$$

kde:

- t_{SS} ... strojní čas pro celou sérii [hod]
- P ... příkon [kW]
- E_c ... cena energie [Kč/kWh]
- C_E ... celková cena spotřeby energie [Kč]

Tab. 5.9 Cena elektrické energie [24].

Stroj	Σt_{AS} [min]	t_s [hod]	Výkon [kW]	Příkon [kW]	C_E [Kč]
Frézka	19,48	97,4	4,5	5,4	1951,31
Vrtačka	5,35	26,75	0,9	1,08	107,18
soustruh	4,9	24,5	4	4,8	436,30
Σ cen:					2494,79

5.2.1 Spotřeba a cena nástrojů

Dle životnosti jednotlivých nástrojů a strojních časů, jenž ukazují, jak dlouho byl daný nástroj v záběru bude dle vzorce 5.12 vypočtena spotřeba nástrojů. Životnost nástrojů a počet broušení byl stanoven kvalifikovaným odhadem. U nástrojů, u nichž není známa doba v záběru byl kvalifikovaným odhadem určen jejich počet. Hodnoty byly zaneseny do tabulky (viz tab. 5.10). Celková cena nástrojů potřebných pro výrobu všech součástí činí 18 900,65 Kč.

$$N_i = \frac{n_s \cdot t_i}{n_b \cdot Z_b} [ks] \quad (5.12)$$

kde:

- N_i ... potřebný počet nástrojů [ks]
- n_s ... velikost série [ks]
- t_i ... čas záběru nástroje [min]
- n_b ... počet broušení / počet břitů u VBD
- Z_b ... životnost nástroje [min]

Tab. 5.10 Sumarizační tabulka spotřeby jednotlivých nástrojů [6,8,9,15,16,23].

Nástroj	Typ nástroje	Cena nástroje [Kč]	Životnost [min]	Počet broušení / počet břitů u VBD	Doba v záběru [min]	Potřebný počet [ks]	Cena [Kč]
N1	Pilový pás	163	-	-	-	1	163
N2	Fréza	1926	250	6	19,48	4	7704
N3	Vrták	19,8	20	0	0,11	1	19,8
N4	Vrták	20,7	100	0	0,86	3	62,1
N5	Vrták	24,4	100	0	0,15	1	24,4
N6	Vrták	27	100	0	0,3	1	27
N7	Vrták	30,8	100	0	0,12	1	30,8
N8	Vrták	50,3	100	0	0,19	1	50,3
N9	Vrták	72,7	100	0	0,2	1	72,7
N10	Vrták	10,3	100	0	2,28	7	72,1
N11	Závitník	222,64	25	0	0,05	1	222,64
N12	Závitník	308,19	25	2	0,17	1	308,19
N13	Závitník	227,48	25	4	1,34	4	909,92
N14	Závitník	314,6	25	1	0,11	1	314,6
N15	Záhlubník	301,3	100	0	0,32	2	602,6
N16	Záhlubník	340,4	100	0	0,07	1	340,4
N17	Záhlubník	422,1	-	-	-	1	422,1
N18	VBD	252	20	4	0,91	4	1008
N19	VBD	493	20	8	3,14	6	2958
N20	VBD	1000	20	1	0,03	1	1000
N21	VBD	337	20	1	0,29	5	1685
N22	VBD	903	20	3	0,11	1	903
						Σ cen:	18900,65

6 DISKUZE

Pro tuto bakalářskou práci byl zvolen návrh technologie modelu Lokomotivy. Kvalifikovaným odhadem bylo určeno, že model bude vyráběn v sérii 300 kusů, protože na tomto počtu kusů je poměrně snadné odhadovat možnou rentabilitu a také je důležité splnit kritérium malosériové výroby. V podstatě se jedná o zkušební sérii, která předchází výrobu sériovou.

Orientačním výpočtem byly určeny náklady na materiál, na spotřebu el. energie a na spotřebu nástrojů pro jeden výrobek. Tyto náklady činí 128,43 Kč. Jelikož se jedná o zkušební sérii, nebudou stanoveny režijní náklady na výrobu.

V případě ověření, že je výroba rentabilní a došlo by ke zvětšení výrobní série, bylo by nutné zpracovat celý návrh. Při zpracování celého návrhu by bylo provedeno důkladnější zvolení materiálu, zpracovány výrobní postupy, vytvořeny operační návody, vypočteny režijní náklady, popřípadě by bylo možné zvážit výrobu na CNC strojích. Sériová výroba na CNC strojích je oproti výrobě realizované na univerzálních strojích optimálnější. U CNC strojů dochází ke značnému zkrácení výrobních časů, což může být od určitého počtu kusů rentabilní.

Další možnosti na zlepšení návrhu by se mohly týkat konstrukce. Bylo by možné přidat hračky pohon, navrhnout vagónky, přidat do koleček ložiska, popřípadě navrhnout koleje a upravit kolečka, aby byly po kolejích vedeny. Výroba by se tím značně zkomplikovala a prodražila, tudíž by bylo nutné provést nové ekonomické zhodnocení, což je nad rámec této bakalářské práce.

ZÁVĚR

V první kapitole této bakalářské práce je individuálně popsána každá součást modelu. Druhá kapitola je rozdělena na čtyři podkapitoly, které se zabývají tvorbou 3D objektu, volbou materiálu, volbou polotovaru a tvorbou výkresové dokumentace. Třetí kapitola popisuje jednotlivé typy výroby a na základě nich volbu strojního zařízení, volbu nástrojů a volbu pomůcek. Ve čtvrté kapitole je individuálně popsána technologie výroby. Pátá kapitola se zabývá technicko-ekonomickým zhodnocením návrhu. V této kapitole je vypočtena cena materiálu, cena el. energie a cena nástrojů. Šestá kapitola obsahuje diskuzi návrhu a návrhy na možné zlepšení výroby.

Shrnutí dosažených cílů:

- Byl popsán existující model.
- Byla vypracována výkresová dokumentace včetně volby materiálu a volby polotovaru,
- Byly zvoleny vhodné stroje dle kritéria malosériové výroby, dále zvoleny vhodné nástroje a pomůcky.
- Byly vypracovány technologické postupy včetně zhodnocení technologičnosti každé součásti, volby vhodných řezných podmínek a výpočtu strojních časů.
- Bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení celého návrhu.

Všechny cíle této bakalářské práce byly splněny.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1 VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky pro střední průmyslové školy nestrojnické*. 2., upravené vyd. Praha: SNTL, 1984.
- 2 ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. ISBN 80-214-2219-X.
- 3 SOUKUPOVÁ, Věra a Dana STRACHOTOVÁ. *Podniková ekonomika*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. ISBN 80-7080-575-7.
- 4 KŘÍŽ, Rudolf a Pavel VÁVRA. *Strojírenská příručka: 24 oddílů v 8 svazcích, svazek 7*. Praha: Scientia, 1996. ISBN 80-7183-024-0.
- 5 *Materiálové normy: Feron* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php
- 6 *Pegas Gonda: Pásové pily* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.pegas-gonda.cz>
- 7 *Stroje Svoboda s.r.o.: Obráběcí stroje* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <https://www.strojesvoboda.cz>
- 8 *KOVO NÁSTROJE: Nástroje pro obrábění* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz>
- 9 *Stimzet: Nástroje pro vrtání* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.stimzet.cz>
- 10 *Tabulka doplňkových číslic: STARÁ v.o.s.* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.stara.cz/technicke-informace/material-a-mechanicke-vlastnosti-cernych-sroubu-a-matic.html>
- 11 *Univerzální hrotový soustruh: TST Servis, a.s.* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.tstservis.cz/obrabeci-stroje/soustruhy/univerzalni-hrotove-soustruhy/trens-sn-32/>
- 12 *Chemické složení oceli: CZ FERRO* [online]. [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/tyce-11110.pdf>
- 13 *Stojanová vrtačka: PROMA CZ* [online]. [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.promacz.cz/bz-25b400-stojanova-vrtacka---zavitorez.html>
- 14 *Feron a.s.* [online]. Praha: Feron, 2017 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz>
- 15 *SANDVIK COROMANT* [online]. Sandviken, Sweden: Sandvik AB, 2017 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com>
- 16 *TM Tools s.r.o.* [online]. Praha: TM Tools, 2012 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.tmttools.cz>
- 17 *Katalog strojů pro technologické předměty (dostupné v rámci UST sítě): VUT ÚST* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni>
- 18 *Uni-Náradí.cz: Ohýbačka UBM 1070* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <https://www.uni-naradi.cz/univerzalni-stroj-na-zpracovani-plechu-ubm-1070>

-
- 19 SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování*. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-839-7.
- 20 KUDLÁČEK, Jan. *Alkalické černění oceli* [online]. 3 strany. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/alkalicke-cerneni-oceli.html>
- 21 MRŇA, Libor. *Technologie využívající laser* [online]. [Brno]. [28p.] [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/hsv__specialni_metody_svarovani__rezani_laserem_2013__mrna.pdf
- 22 *Dějiny světa*. Praha: Cesty, 2003. ISBN 80-7181-744-9.
- 23 NAREX Ždánice, spol. s r.o.: *Závitníky* [online]. SHERWOOD Digital a.s., 2010 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <https://www.narexzd.cz/>
- 24 *Ceny elektrické energie* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer numeric control
ČSN	[-]	Česká státní norma
EN	[-]	Evropská norma
P	[-]	Fosfor
Si	[-]	Křemík
Mn	[-]	Mangan
S	[-]	Síra
C	[-]	Uhlík
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
a	[m]	Délka součásti
C _E	[Kč]	Celková cena spotřeby energie
C _M	[Kč]	Cena materiálu
C _P	[Kč]	Cena za jeden polotovár
d	[m]	Délka průřezu materiálu při dělení polotovaru
D	[m]	Průměr polotovaru
E _c	[Kč/kWh]	Cena energie
f _z	[mm]	Posuv nástroje na zub
i	[-]	Počet operací / záběrů
L	[mm]	Celková délka dráhy nástroje
l	[mm]	Délka soustružené (vrtané, frézované) části
l _n	[mm]	Délka náběhu
l _p	[mm]	Délka přeběhu
η _m	[%]	Využití materiálu
n	[min ⁻¹]	Otáčky
n _b	[-]	Počet broušení / počet břitů u VBD
N _i	[ks]	Potřebný počet nástrojů
n _p	[ks]	Počet polotovarů z jednoho pásu plechu
n _p	[ks]	Počet polotovarů
n _{pp}	[ks]	Potřebný počet pásů plechu
n _{pT}	[ks]	Počet polotovarů z jedné tyče
n _s	[min ⁻¹]	Frekvence otáček
n _s	[ks]	Velikost série
n _T	[ks]	Potřebný počet tyčí
p	[m]	Přídavek na obrábění
P	[kW]	Příkon
Q _{pp}	[kg]	Hmotnost 1 pásu plechu
Q _s	[kg]	Hmotnost hotové součásti

Symbol	Jednotka	Popis
Q_T	[kg]	Hmotnost 1 tyče
Q_{Tj}	[kg]	Hmotnost 1 tyče
R_e	[Mpa]	Mez kluzu
R_m	[Mpa]	Mez pevnosti
ρ	[kg/m ³]	Hustota materiálu
s	[mm]	Posuv na otáčku
S	[m ²]	Plocha průřezu
σ_{Dt}	[MPa]	Normálové napětí
t	[m]	Tloušťka pásu plechu
t_i	[min]	Čas záběru nástroje
t_s	[min]	Celkový strojní čas
t_{ss}	[hod]	Strojní čas pro celou sérii
u	[m]	Délka průřezu materiálu při dělení polotovaru
W	[m]	Celková šířka pásu plechu
z	[-]	Počet zubů frézy
Z	[m]	Celková délka pásu plechu / tyče
Z_b	[min]	Životnost nástroje

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres sestavy Lokomotiva, číslo výkresu 171884-1
Příloha 2	Výkres součásti Základní deska, číslo výkresu 171884-2
Příloha 3	Výkres součásti Kotel, číslo výkresu 171884-3
Příloha 4	Výkres součásti Kabina, číslo výkresu 171884-4
Příloha 5	Výkres součásti Vodní nádrž, číslo výkresu 171884-5
Příloha 6	Výkres součásti Komín, číslo výkresu 171884-6
Příloha 7	Výkres součásti Kolo, číslo výkresu 171884-7
Příloha 8	Výkres součásti Střecha, číslo výkresu 171884-8
Příloha 9	Výkres součásti Kryt kotle, číslo výkresu 171884-9
Příloha 10	Výrobní postup součásti Základní deska
Příloha 11	Výrobní postup součásti Kotel
Příloha 12	Výrobní postup součásti Kabina
Příloha 13	Výrobní postup součásti Vodní nádrž
Příloha 14	Výrobní postup součásti Komín
Příloha 15	Výrobní postup součásti Kolo
Příloha 16	Výrobní postup součásti Střecha
Příloha 17	Montážní postup sestavy Lokomotiva